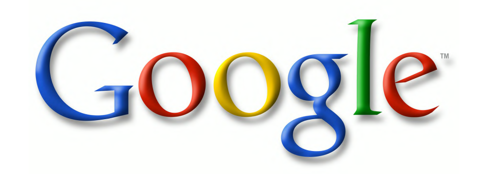
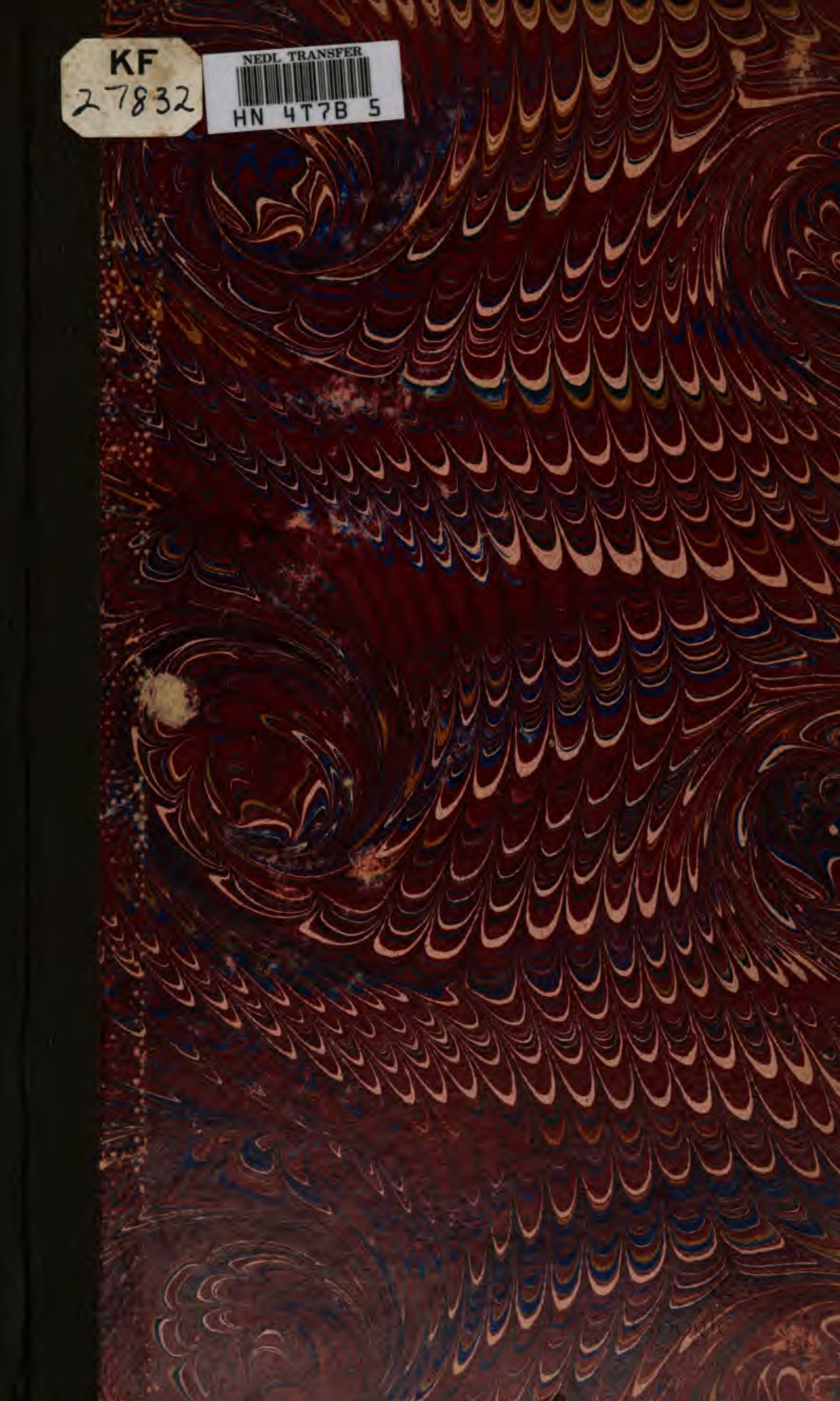



KF
27832
NEDL TRANSFER
HN 4T7B 5
Digitized by Google

Beiträge zur Kenntnis des Stoffumsatzes in dem thätigen elektrischen Organ der Zitterrochen, auf Grund experimenteller Studien an der zoologischen Station zu Neapel.

Inaugural-Dissertation

welche nebst beigefügten Thesen

mit Genehmigung

der medizinischen Fakultät der Universität Breslau

zur Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin und Chirurgie

Dienstag, den 17. Februar 1891, mittags 12 Uhr

im Musiksaal der Universität

öffentlich verteidigen wird

Wilhelm Marcuse.

Opponenten:

Dr. med. Cramer,
Dr. med. Werther,
Dr. med. Kucznicki.

Breslau.
Druck von Graß, Barth & Comp. (W. Friedrich).
1891.

Der Druck genehmigt auf Antrag des Referenten:
Herrn Geheimen Medizinal-Rat Professor Dr. Heidenhain.

Seinen teuren Eltern

in Liebe zugeeignet

sowie

Seinem verehrten Lehrer

Herrn Prof. Dr. Heidenhain

hochachtungsvoll gewidmet

von

dem Verfasser.

Der freundlichen Verwendung meines verehrten Lehrers, des Herrn Geheimrat Prof. Dr. Heidenhain, verdankte ich neben den Mitteln des Jubelstipendiums der Breslauer Universität einen Sitz des preußischen Staates an der zoologischen Station zu Neapel in dem Frühjahr 1887. Dieser Zeit entstammen die nachfolgenden Untersuchungen über das elektrische Organ von Torpedo. Der chemische Teil derselben kam wegen Mangels eines chemischen Laboratoriums an der Station erst nach meiner Rückkehr nach Breslau an dem physiologischen Institut hierselbst zur Ausführung. Für die liebenswürdige Unterstützung, welche ich hierbei von seiten des Herrn Privatdozenten Dr. Röhmann fand, fühle ich mich demselben zu lebhaftem Dank verpflichtet. Ebenso spreche ich dem Leiter der zoologischen Station, Herrn Prof. Dr. Dohrn, sowie den Herren Assistenten für das freundliche Entgegenkommen, welches ich jederzeit an der Station fand, meinen wärmsten Dank aus.

Wilhelm Marcuse.

Die wunderbare, ohne stärkere Bewegung einhergehende Entfaltung gewaltiger Kräfte, zu welcher einzelne Fischarten*) befähigt, begann die Forschung seit dem Ausgang des vorigen Jahrhunderts anknüpfend an die Beobachtungen Galvanis am Froschmuskel im Sinne eines elektrischen Phänomens zu deuten. Die Untersuchungen, welche zum Beweise dieser Annahme angestellt wurden, sind mit den Namen hervorragender Geister der Naturwissenschaft verbunden und haben den leitenden Gedanken, unter welchem sie unternommen wurden, vollauf zu bestätigen vermocht.

Schon Walsch hatte gezeigt, daß man mit allen schlechten Leitern der Elektricität das Organ des Torpedo ungestraft berühren dürfe, und hatte damit der vor ihm von Muschenbrock ausgesprochenen Vermutung, daß der Schlag eine Elektricitätswirkung sei, eine bestimmte experimentelle Grundlage gegeben. John Davy gelang es, die Ablenkung der Galvanometernadel durch den Schlag des Torpedo nachzuweisen. Linari und Matteucci waren die ersten, welche durch eine ungemein einfache und sinnreiche Anordnung die von dem Organ abgeleitete Elektricität als Funken dem Auge wahrnehmbar zu machen wußten. Humboldt prüfte die wesentlichen Bedingungen der Entladung. Becqueret und Breschet verglichen die Stärke des Schlages mit der von Leydener Flaschen und suchten die Richtung des Stromes zu ermitteln. Eine umfassendere Ausbildung erhielt die Lehre von der elektrischen Natur

---

*) Torpedo (Zitterroche), Silucus electricus (Zitterwels), Gymnotus (Zitteraal).

des Schlages durch das Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux 1844 von Matteucci, welcher auch auf die das elektrische Phänomen begleitenden chemischen Vorgänge sein Augenmerk richtete. Er fand bei Zitterrochen die Unabhängigkeit des Schlages von der Zirkulation, die Wirkungslosigkeit des Curare, den Tetanus des Organs bei Reizung der zu demselben führenden Nerven mit Induktionsströmen, fing die Entladungselektrizität im Kondensator auf und bestimmte die Elektrizität der Rückenfläche des Organs als positiv, die der Bauchfläche als negativ. Er zeigte weiterhin die Fähigkeit der einzelnen Teile des Organs zu isolierter Entladung, da jeder ausschließlich von einem bestimmten Nerven beherrscht sei, bezeichnete die Temperaturgrenzen, innerhalb deren die Entladung möglich, und suchte durch quantitative Messungen des Sauerstoffs, Stickstoffs und der Kohlensäure genauere Einsicht in die Atmungsvorgänge des thätigen Organs zu gewinnen. In neuerer Zeit haben sich Hyrtl, Boll, Schultze, Babuchin, Bilharz, Sachs und Fritsch mit dem Studium der makroskopisch- und mikroskopisch-anatomischen Verhältnisse des Organs beschäftigt. Die Kenntnis der elektrophysiologischen Vorgänge im Organ wurde durch Marey, hauptsächlich aber durch Sachs und Du Bois-Reymond erweitert. Indirekt kamen ihr auch die Fortschritte in der Erkenntnis der elektro-physiologischen Verhältnisse von Nerv und Muskel zu Gute. Der letztgenannte Forscher bestimmte an 1884 nach Berlin gebrachten Zitterrochen den vollständigen Verlauf der Strömungskurven bei dem Schlag, stellte das Vorhandensein eines Eigenstroms des Organs fest, dessen Stärke und Richtung er auch ermittelte, und beschäftigte sich außerdem mit der Untersuchung der sekundär-elektromotorischen Wirkungen. Der Erforschung dieser sind auch seine späteren 1888 publizierten Versuche an einer neuen Anzahl lebend nach Berlin gebrachter Torpedos gewidmet. Du Bois-Reymond sucht hier vorwiegend eine Erklärung für die Thatsache zu geben, daß bei Durchsetzung des Organs mit Wechselströmen der dem Eigenstrom des Organes gleichgerichtete (homodrome) stärker

wirkt als der ihm entgegengesetzte (heterodrome). Während Gotch, der unmittelbar vorher eine Arbeit über den gleichen Gegenstand veröffentlichte, diese Thatsache aus dem Auftreten zu dem Eigenstrom sich addierender, resp. von ihm sich subtrahierender Polarisationsströme herleitet, glaubt Du Bois-Reymond die Erscheinung durch diese Annahme noch nicht genügend erklärt, und nimmt neben der Wirkung der Polarisationsströme eine „irreciproke Leitung" jedes Säulchens, d. h. eine Fähigkeit desselben an, den in der Richtung des Eigenstroms eintretenden Strom besser zu leiten, als den entgegengesetzten.

Die Frage, wie weit die elektrische Kraftentfaltung von nachweisbaren chemischen Veränderungen des Organs begleitet ist, sucht nur eine einzige umfassender angelegte Arbeit Weyls zu beantworten. Dieselbe bezieht sich auf das Organ von Zitterrochen, welche Weyl an der zoologischen Station zu Neapel in reichlicher Menge zu Verfügung standen. Weyl giebt zunächst eine Analyse des Organs; er bestimmt seinen Gehalt an Wasser, organischen Bestandteilen und Asche, wobei ihm der Reichtum an Chlornatrium und Phosphaten, der Mangel an Kalium auffällt; findet geringen Gehalt an Eiweißkörpern, dagegen in großer Menge eine mucinartige Substanz und weist außerdem Nuclein, Xanthin und Hypoxanthin, Kreatin, Harnstoff, Lecithin, Fette, Cholestearin, niedere Fettsäuren, Inosit und Milchsäure (?) nach. Glykogen vermag er nicht zu entdecken. Nächst der chemischen Zusammensetzung betrachtet er die Erscheinungen des Absterbens und den Stoffwechsel bei der Thätigkeit. Er prüft die Reaktion des starren und thätigen Organes auf Lakmus und vergleicht in quantitativer Beziehung das alkoholische und wässrige Extrakt von ruhenden und thätigen Organen, sowie auch einzelne Bestandteile dieser Auszüge (Asche, Säure). Da die vergleichenden Bestimmungen der alkoholischen Extrakte in seinen ersten Versuchen und die späterer Versuche in ihren Ergebnissen sich direkt widersprechen, so bleiben neben seinen Angaben über die Reaktion als wertvolles Resultat seiner Stoffwechseluntersuchungen unter der Voraussetzung einer einwandsfreien Methode nur die Feststellungen be-

stehen: das Wasserextrakt des nicht gereizten Organes enthält mehr Salze als das des gereizten, und: im gereizten Organ findet sich konstant mehr anorganische Phosphorsäure.

Gleich den Weyl'schen Versuchen dienen auch die nachfolgenden Untersuchungen der Beantwortung physiologisch-chemischer Fragen, welche an das Problem des elektrischen Schlages anknüpfen. Auch diese Untersuchungen beziehen sich auf das nämliche Versuchstier und sind an dem nämlichen Orte, der zoologischen Station zu Neapel, zur Ausführung gebracht. Den Zitterrochen läßt die geringe Gefahr, welche den Umgang auch mit größeren Exemplaren bietet, sowie die völlig isolierte Lage seiner beiden elektrischen Organe, welche sich mit Leichtigkeit am lebenden Tier unter gänzlich verschiedenen Bedingungen (Ruhe, Thätigkeit) setzen lassen, für das Studium physiologisch-chemischer Fragen besser geeignet als die sonst bekannten elektrischen Fischarten erscheinen. Zudem bietet sich das Untersuchungsmaterial in reicher Fülle an der neapolitanischen Station dar. Der Golf, an dessen Gestade die Station errichtet ist, beherbergt unter seiner vielgestaltigen Tierwelt auch eine solche Menge elektrischer Rochen, daß die kleine Flotte des Instituts von kaum einer ihrer häufigen Fischexkursionen zurückkehrt, ohne eine Anzahl größerer oder kleinerer Torpedos in ihren Netzen eingefangen zu haben. Die kräftigen Schläge, welche diese Fische bei der Gefangennahme austeilten, haben sie in einen Zustand leichter Ermattung versetzt, der eine Zeit lang auch noch nach ihrer Überführung in die Bassins des Institutes andauert und sich durch langsame Bewegung und schwächere Schlagreaktion bei Berührung des Organs kundgiebt. Bald jedoch erholen sich die Rochen in dem beständig zirkulierenden Seewasser der Bassins, antworten auf jeden Reiz mit lebhafter Muskelation und heftigen elektrischen Schlägen und können sich namentlich in den Bassins des zu dem Institut gehörigen Aquariums, deren Einrichtung durch künstlichen Fels, Kies- und Schlammgrund, Pflanzenwuchs etc. die natürlichen Lebensbedingungen des freien Meeres herzustellen sucht, mehrere Monate hin-

durch bei voller Lebenskraft erhalten. Man ist daher bei Experimenten, bei denen die Leistungsfähigkeit des elektrischen Organs in Anspruch genommen werden soll, nicht allein auf frisch gefangene Rochen angewiesen, sondern kann auch seit längerer Zeit in den Bassins lebende Fische als Versuchstiere verwenden. In dieser langen Lebensdauer der Fische in der Gefangenschaft offenbart sich eine vitale Energie, welche der Torpedo mit vielen anderen Fischarten gemeinsam hat und auch in der Widerstandsfähigkeit gegen tief in den Lebensmechanismus eingreifende vivisektorische Operationen ihren Ausdruck findet. Sie macht es möglich, daß man ein lebenswichtiges System des Torpedo vernichten und gleichwol die Funktionen anderer lange Zeit erhalten kann. Sie zeigt sich ferner auch darin, daß der Torpedo bei fortgesetzten äußeren Reizen, z. B. Drücken der Finger auf das elektrische Organ, nicht müde wird mit Schlägen zu antworten, die freilich an Kraft nach kurzer Zeit erheblich abnehmen, aber gleichwohl lange Zeit hindurch deutlich fühlbar bleiben. Der auf das Organ gedrückte Finger fühlt im Augenblick der Entladung ein eigentümliches schmerzhaftes Zucken, welches der Stärke des Schlages entsprechend sich an dem Arm hinauf verbreitet, und wie schon Humboldt bemerkte, von dem Entladungsschlag der Volta'schen Säule verschieden ist. „Will man den auffallenden Unterschied," so sagt Humboldt, „zwischen der Wirkung der Volta'schen Säule und der elektrischen Fische genau beobachten, so muß man diese berühren, wenn sie sehr erschöpft sind. Die Zitterrochen und Zitteraale verursachen dann ein Sehnenhüpfen von dem Gliede an, welches die elektrischen Organe berührt, bis zum Ellbogen. Man glaubt bei jedem Schlag innerlich eine Schwingung zu empfinden, welche 2, 3 Sekunden anhält und welcher eine schmerzhafte Betäubung folgt. . . . Die Empfindung bei schwachen Schlägen des Zitteraales schien mir große Ähnlichkeit zu haben mit dem schmerzlichen Zucken, welches ich fühlte, wenn auf den wunden Stellen, welche ich auf meinem Rücken durch spanische Fliegen hervorgebracht, zwei entgegengesetzte Metalle sich berührten."

Die Angabe Humboldt's, daß zur Feststellung der beschriebenen eigentümlich qualifizierten Empfindung das schlagende Organ sich bereits im Zustande der Ermüdung befinden müsse, habe ich bei meinen Beobachtungen bestätigt gefunden. Ein Schlag, welchen ein frisch aus dem Bassin geholter Torpedo erteilte, erzeugte ein unbestimmtes, mehr oder weniger weit sich verbreitendes Schmerzgefühl, und wenn das Exemplar besonders groß war und sich von der durch den Fang bedingten Erschöpfung in dem zirkulierenden frischen Seewasser des Bassins bereits erholt hatte, eine oft länger anhaltende Betäubung.

Die Annäherung an die natürlichen Lebensbedingungen ist in diesen Bassins auf so vollkommene Weise erreicht, daß man an ihren Einwohnern die Lebensgewohnheiten, die ihnen im freien Meere eigen, kennen zu lernen Gelegenheit hat. Auch weitaus zartere Wesen als die Torpedos, z. B. Quallen, Rohrwürmer, Seesterne, Tintenfische etc., leben hier nicht anders, als wenn der mächtige Ozean über ihnen flutete.

Um die Lebensweise der Zitterrochen kennen zu lernen, muß man die Beobachtung nicht allein auf die Tageszeit beschränken, sondern auch auf die Nacht ausdehnen. Am Tage ruhen die Torpedos mit ihrer breiten Bauchfläche regungslos auf dem Kiesgrund der Bassins und geben ihr Leben nur durch rhythmische Bewegung der Spritzlöcher und Hebung und Senkung des atmenden Kiemenkorbes, gelegentlich auch durch leichte Bewegung der seitlich angesetzten Flossen kund. Findet man den Torpedo am Tage herumschwimmend, so kann dies als Symptom besonderer Erregung oder auch Schwäche angesehen werden, wie solche Zustände sich aus der unmittelbar vorangegangenen Gefangennahme des Fisches oder häufiger Reizung ergeben. In den Nachtstunden dagegen ist schwimmende Bewegung das normale Verhalten. Es scheint, als ob in dieser Zeit der Fisch auf Raub ausgehe, wenngleich es mir nie gelungen ist, eine Beobachtung zu machen, welche diese Annahme zu bestätigen im Stande gewesen wäre. Überhaupt habe ich niemals Gelegenheit gehabt, die Waffe des elektrischen

Organs zu anderen als Verteidigungszwecken gebraucht zu sehen. Zu solcher Abwehr aber ist der Zitterrochen ungemein leicht und gegen Angriffe verschiedenster Art bereit. So mannigfach aber auch die Angriffe sein mögen, welche der Torpedo mit Entladungen beantwortet, so scheint doch als Regel zu gelten, daß sie alle eine den Körper des Fisches direkt treffende Reizung darstellen müssen. Solange daher der angreifende Gegenstand dem Fische sich nähert, verharrt das elektrische Organ in Ruhe, was unschwer daraus geschlossen werden kann, daß in dieser Zeit die sonst fast regelmäßig mit der Entladung kombinierten leichten Mitbewegungen der Muskeln nicht wahrnehmbar sind. Die Ursache dieses Verhaltens dürfte wohl in dem Umstande zu finden sein, daß die abwartende Haltung dem Fische den größeren Vorteil giebt, dem Angriff in dem Augenblick, in welchem derselbe die Oberfläche des Körpers trifft, mit um so stärkeren Nachdruck zu begegnen, da der erste abwehrende Schlag von einem unermüdeten Organ gegen den angreifenden Feind erteilt wird. Die Heftigkeit, mit welcher oft bei kleinen Rochen die Reaktion in dem Moment erfolgt, in welchem der Angriff den Fisch direkt trifft, zeigt auch deutlich, daß in der unmittelbar vorangehenden Zeit das Organ sich nicht in thätigem Zustand befand, läßt aber wohl kaum der früher aufgestellten Vermutung Raum, daß der Torpedo für den vorausgesehenen Angriff eine größere Menge Elektrizität zur Abwehr in dem Organ wie in einem Akkumulator aufgespeichert habe.

Die Wahl der Körperstelle, an welcher der Angriff einsetzt, ist nicht ohne Einfluß auf die Stärke der abwehrenden Entladung. Den relativ stärksten Schlag fühlte ich fast regelmäßig, wenn ich die Schwanzflosse des Fisches drückte. Am schwächsten erschien mir die Reaktion auf einen Druckreiz, der in dem Gebiete der Körpermuskulatur ausgeübt wurde. Dagegen konnte ich in der Kraft des Schlages, welcher einem Druck auf die Seitenflosse, und derjenigen einer Entladung, welche einem Druck auf das Organ selbst folgte, keinen Unterschied wahrnehmen. Die vorhergenannten Differenzen erklären sich wahrscheinlich durch die Ver-

schiedenheit in Menge oder Art der sensiblen Nervenendigungen an den betreffenden Körperstellen. Von nur untergeordnetem Belang erscheint die Stärke des applizierten Reizes zu sein, da der Torpedo oft schon auf eine ganz leise Berührung der Schwanzflosse mit einem heftigen Schlage antwortet. Doch darf man wohl als Regel ansehen, daß die Reaktion auf einen stärkeren Druckreiz eine heftigere ist als auf einen schwachen, wenn auch bei Weitem nicht im Verhältnis des Druckunterschiedes.

Von anderen Momenten, welche auf die Kraft der Entladung Einfluß haben, verdient hier noch die Temperatur des Mittels (Luft, Wasser) Erwähnung, in welchem sich der Torpedo befindet. Nach Matteucci liegt das Wärmeoptimum für die Entladung bei + 22,5° C.; als Wärmegrenzen, jenseit deren keine oder nur schwache Entladungen stattfinden, sind + 5° C. und + 37,5° C. anzusehen. Bei + 5° C. hört der Torpedo zu schlagen auf und stirbt bald ab. Wird er vor dem Eintritt des Todes in Wasser von + 22,5° C. gebracht so erholt er sich schnell und erteilt starke Schläge.

In einem eigentümlichen Zusammenhang steht die Schlagkraft des Organs ferner mit einem Zustand, welcher dem generativen Leben des Organs angehört. Schon seit lange nämlich ist es bekannt, daß trächtige Weibchen außergewöhnlich starke Schläge auszuteilen im stande sind. Man erklärt diese merkwürdige Erscheinung mit der vielleicht nicht unbegründeten Hypothese, daß der Fisch, in dessen Leibe sich lebende Junge entwickelten, für diese Zeit zum Schutz seiner Nachkommenschaft einer besonders verstärkten Waffe bedürfe. Wunderbar muß es nur erscheinen, daß die Embryonen im Mutterleibe nicht durch die gesteigerte Kraft der Schläge getödtet werden, da nichts natürlicher ist als die Annahme, daß die Elektrizität sich von dem Organ aus durch den ganzen Körper verbreitet. Die Richtigkeit dieser Annahme hat man freilich lange Zeit bestritten, bis Du Bois am Zitterwels und Boll am Torpedo durch Einsenken zweier bis auf die Spitzen isolierter Drähte in den Fischleib die Ausbreitung des Entladungsstromes in demselben nachwiesen. Man wird hierdurch zu der Vorstellung gedrängt, daß die Embryonen

des Torpedo gegen den Schlag ihrer Mutter immun sind. Diese Fähigkeit ist aber nur eine bereits im Mutterleibe entwickelte Eigenschaft, welche allen ausgewachsenen Torpedos zukommt. Denn jeder Zitterroche bleibt durch den Schlag eines andern Zitterrochen unbeeinflußt. Ebensowenig reagiert aber der Zitterroche auf seinen eigenen Schlag. Denn selbst bei den heftigsten Schlägen des Torpedo kann man an seinen Körpermuskeln häufig nur leise Bewegungen wahrnehmen, während man doch bei der Verbreitung des Schlages durch den Fischleib heftige Kontraktionen erwarten sollte. Dieses Fehlen stärkerer Muskelzuckungen muß umsomehr auffallen, als nach Du Bois-Reymond die Entladung gerade in Hirn und Rückenmark, welche die „kürzeste Bahn zwischen den wirksamen Teilen beider Organe“ darstellen, also jedenfalls auch an der Zentralstelle der motorischen Nervenfasern ihre größte Dichte erreicht. Worin nun diese „Immunität“ der Zitterrochen gegen den eigenen Schlag beruhen möge, ist eine Frage, zu deren Beantwortung der gegenwärtige Thatbestand bei weitem noch nicht ausreicht. Die Erklärungsweise Boll's, nach welcher bei jedem Schlag von dem Gehirn aus gleichzeitig eine Hemmung auf den motorischen Apparat ausgeübt wird, hat sich den Einwendungen Du Bois gegenüber als nicht stichhaltig erwiesen, und ebensowenig vermag die geringere elektrische Erregbarkeit, welche für Zentralorgan, Nerven und Muskeln der elektrischen Fische nachgewiesen wurde, die Erscheinung ausreichend zu erklären, da die gefundene Herabsetzung nicht groß genug ist, um annehmen zu lassen, daß die starken Entladungen des Organs an ihr ein ernstliches Hindernis finden sollten.

An diese Notizen über einige physiologische Verhältnisse muß ich eine kurze Darstellung der Anatomie des Fisches, insbesondere bestimmter anatomischer Eigentümlichkeiten aus dem Grunde anschließen, weil die letzten die Voraussetzung für eine Gruppe der angestellten Experimente bilden.

Ich folge bei der Mitteilung dieser Verhältnisse den Angaben von Claus, Boll, Valentin und Fritsch.

Wie alle Rochen ist auch der Zitterroche durch einen sehr stark abgeflachten, aber sehr breiten Körper ausgezeichnet. Während jedoch den anderen Rochen ein mehr oder minder spitzes Kopfende zukommt, ist dieses bei den Zitterrochen sehr stark verbreitet. Hier haben nämlich außer den bei den übrigen Rochen allein vorhandenen Kiemen die beiden symmetrisch gelegenen elektrischen Organe ihren Platz gefunden. Dieselben durchsetzen die ganze Dicke des flachen Rochenkörpers und liegen mit ihrer einen Fläche unmittelbar unter der Rücken-, mit der anderen unter der Bauchhaut des Tieres. Die Dimensionen des Organes sind ziemlich beträchtliche: Bei einem Zitterrochen von mittlerer Größe (35 cm Länge) beträgt die Länge des Organs 11 cm, die größte Breite 5 cm und die mittlere Höhe 2 cm. Das Körpergewicht eines solchen Fisches beträgt etwa 400—500 gr, das Organgewicht den 5.—6. Teil des Körpergewichts.

Frisch präpariert hat das Organ das Aussehen und die Konsistenz einer grauen, halb durchscheinenden Gallerte.

Das Organ ist durch einen außerordentlichen Reichtum von Nerven ausgezeichnet, welche das Verästelungsgebiet von fünf Nervenstämmen, den „elektrischen Nerven" darstellen. Dieselben treten zwischen den Kiemen hervor und setzen sich in das Organ an einem Punkte ein, welcher etwa der Grenze zwischen der oberen und unteren Hälfte seiner inneren Fläche entspricht. An dieser Eintrittsstelle kann man die Nervenstämme ohne Verletzung der Kiemen und des Organs dadurch sichtbar machen, daß man nach entsprechendem Hautschnitt, eine bindegewebige Schicht, welche das Organ an die Kiemen heftet, teilweise durchtrennt. Verfolgt man die Nerven in ihrem zentripetalen Verlauf, so sieht man, daß sie zwischen Gehirn und Rückenmark in das Zentralorgan eintreten.

Was die Blutversorgung des Organs anlangt, so wissen wir aus den Arbeiten von Hyrtl, daß die Gefäße, welche dem elektrischen Organ das arterielle Blut zuführen, arterielle Verlängerungen der Kiemenvenen sind. Jedes Organ bezieht aus dieser Quelle 3 Arterien; die vordere spaltet sich an

dem Innenrad des Organs in 2 Äste, welche den ersten und zweiten elektrischen Nerven begleiten. Die beiden anderen Arterien verlaufen in Gemeinschaft des dritten und vierten elektrischen Nerven. Mit jeder Arterie zieht eine Vene, welche ihr Blut in die Bronchialvenen ergießt. Ob das Organ auch von anderer als dieser Seite mit Blut versorgt werde, erhellt aus folgenden Angaben Hyrtl's: „Nachdem die Arteria subclavia einen Fortsatz der clavicula durchbohrt und drei Zweige abgegeben hat, spaltet sie sich in einen schwächeren Ramus dorsalis und einen stärkeren Ramus volaris der Brustflosse. Ersterer verläuft an dem vorderen Abschnitt des inneren Flossenrandes, welcher mit seiner konkaven Krümmung den Außenrand des elektrischen Organs umfaßt. Er versorgt nur die Ursprünge der dorsalen Flossenmuskulatur und endigt schon nach kurzem Verlaufe. Alles übrige dorsale Fleisch der Brustflosse und die Gesamtmasse der ventralen Muskulatur versieht der Ramus volaris. Dieser zerfällt in einen hinteren und einen vorderen Zweig. Ersterer ist für einen Teil der Brustflosse bestimmt. Letzterer folgt dem konkaven Flossenrande bis zu einer Verbindung mit dem Schädelknorpel hin, umkreist somit den ganzen konvexen Außenrand des elektrischen Organs und anastomasiert zuletzt mit dem ihm entgegenkommenden Aste der Carotis externa. Merkwürdig ist es, daß dieser, obwohl er in so naher örtlicher Beziehung zum elektrischen Organ steht, dennoch nicht das feinste Zweigchen in dasselbe gelangen läßt, welches somit seinen Gesamtbedarf an Blut aus der Kiemenvene bezieht.“ Wir werden uns gerade dieses letzten Punktes bei einer Anzahl der später mitgeteilten Versuche zu erinnern haben. Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß bei dem gemeinsamen Verlauf der Stammgefäße und Stammnerven des Organs die ersteren ebenso wie die Nerven ohne Verletzung der Kiemen oder des Organs dadurch zugänglich gemacht werden können, daß man die verbindende Schicht zwischen Organ und Kiemen teilweise durchtrennt. Bei dieser Präparation präsentieren sich zunächst die weißschimmernden Nervenstränge, welche die Gefäße in dichtem Geflecht umgeben.

Will man daher die Gefäße zu Gesicht bringen, so muß man zuvor die umhüllenden Nervenstämme zur Seite schieben.

Nach diesen anatomischen Mitteilungen kann ich dem eigentlichen Thema dieser Arbeit näher treten.

Der Gedanke, daß das Organ des Torpedo eine dem Muskel analoge Bildung sei, hat seit der Entdeckung des Organes durch Redi eine bedeutende Rolle in der Lehre von seiner Wirkung gespielt. Bis zu der Zeit, in welcher das erste Licht auf die elektrische Natur dieser Wirkung fiel, hielt man dieselbe für die Folge schnell aufeinander folgender Zusammenziehungen des Organs. Später sah man die Organe als in spezifischer Weise umgeformte Muskeln an, in denen die Entwickelung der Elektrizität an Stelle der Entwickelung von Kraft, der elektrische Schlag an Stelle der Kontraktion getreten sei. Diese Anschauung erhielt durch die Aufdeckung vieler elektrophysiologischer, chemischer, anatomischer und entwickelungsgeschichtlicher Analogien eine wesentliche Stütze.

Auch Weyl war bei seinen Untersuchungen des Organstoffwechsels wesentlich von dem Gedanken einer Analogie beider Organe beherrscht und suchte zu erforschen, ob die für die physiologische Muskelchemie festgestellten Thatsachen auch für das elektrische Organ Giltigkeit hätten. Er zog wohl auch in Erwägung, daß die physiologische Chemie des elektrischen Organs ein fast völlig unbekanntes Gebiet ist, in welchem man sich zunächst am sichersten an der Hand der bei dem nächststehenden Organ gewonnenen Erfahrungen unterrichtet. Daher sollten auch unsere Stoffwechsel-Untersuchungen diesen Gesichtspunkt nicht aus dem Auge lassen und bei der Aufstellung der speciellen Fragen in das Gebiet der physiologischen Muskelchemie hinübergreifen.

Von diesem Gedanken geleitet, zog ich zunächst die Reaktion, welche das Organ im frischen Zustande und nach dem Tode auf Lakmus zeigt, sowie die sonstigen Erscheinungen des Absterbens in den Kreis der Betrachtung. Weyl findet das frische Organ im Ruhezustande alkalisch und äussert sich über die anderen Punkte folgendermaßen: „Frühestens sechs Stunden nach dem Tode des Tieres reagiert das herausge-

schnittene oder in situ belassene Organ deutlich sauer. Ist die umgebende Temperatur niedrig, so tritt die Säuerung des Organs später ein .... Ein sauer gewordenes Organ unterscheidet sich meist schon äußerlich von dem frischen. Das letztere ist transparent und fast farblos wie Wasser. Ersteres erscheint trübe und weißlich, ungefähr wie geronnenes Albumin oder wie stark verdünnte Milch. Ein solches Organ ist tot. Es liefert auf Reizung keine elektrische Entladung mehr. Dieser Zustand des Organs mag wegen seiner Ähnlichkeit mit analogen Erscheinungen am Muskel Starre genannt werden."

Nach meinen Beobachtungen vermag ich Weyls Angaben über die saure Reaktion des „starren" Organs nicht zu bestätigen, während ich die anderen von ihm beschriebenen Veränderungen wahrgenommen habe. Auch fand ich die Reaktion des frischen ruhenden Organs alkalisch. Die Temperaturen, bei denen ich beobachtete, waren etwa die nämlichen, wie die von ihm angegebenen. Zur Prüfung der Reaktion benutzte ich gut empfindliches Lakmuspapier,*) welches ich in der internationalen Apotheke Neapels kaufte. Die Prüfung selbst geschah in der Weise, daß das Lakmuspapier in einen Einschnitt, welcher in die Substanz des ausgeschnittenen Organstückes gemacht wurde, eingelegt und sodann durch Druck auf die Oberfläche des Organstückes gegen die angrenzenden Schnittflächen angepreßt wurde. In jedem einzelnen Falle der Reaktionsprüfung wurde blaues und rotes Lakmuspapier verwendet. Nur eine stattgehabte Farbenänderung, nicht das Ausbleiben derselben ist in den Protokollen angegeben, mit anderen Worten die Bezeichnung: „Reaktion alkalisch" bedeutet, daß rothes Lakmuspapier blau gefärbt, blaues Lakmuspapier dagegen nicht verändert wurde. Nachstehend gebe ich protokollarisch meine Wahrnehmungen, die sich des Vergleichs halber auch auf die Muskeln erstrecken.

Versuch I. Den 8. April 1887, 10 Uhr vormittags. Torpedo oculata. 140 gr. Linkes Organ ausgeschnitten und

*) Ich überzeugte mich von seiner Empfindlichkeit durch sein Verhalten zu sehr stark verdünnter H_2SO_4 und NaOH.

enthäutet, von durchsichtiger Beschaffenheit, deutlich alkalisch, unter einen Trichter mit feuchtem Filtrierpapier gelegt. Ein Stück der Rückenmuskulatur ausgeschnitten, deutlich alkalisch, unter einen Trichter mit feuchtem Filtrierpapier gelegt. Zimmertemperatur 14° C.

1 Uhr nachmittags. Organ alkalisch, durchscheinend, Muskel alkalisch, nicht starr.

2 Uhr nachmittags. Dito.

3 = = =

4 = = =

5 = = =

6 = = =

7 = = =

Den 9. April 1887, 9 Uhr vormittags. Organ getrübt, riecht nicht faulig, Muskel starr, alkalisch.

Versuch II. Den 9. April 1887, 10 Uhr vormittags. Torpedo oculata. 200 gr. Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, deutlich alkalisch, durchscheinend, unter Trichter mit feuchtem Filtrierpapier gestellt. Zimmertemperatur 17° C.

1 Uhr nachmittags. Organ alkalisch, durchscheinend.

2 = = = = =

3 = = = = =

4 = = = = =

5 = = = = =

6 = = = = leicht trüb.

7 = = = = = =

Den 10. April 1887, 9 Uhr vormittags. Temperatur 16° C. Organ alkalisch, stark trüb, riecht nicht faulig.

1 Uhr nachmittags. Dito.

7 = = =

Den 11. April 1887, 9 Uhr vormittags. Organ stark alkalisch, riecht faulig.

Versuch III. Den 11. April 1887, 10 Uhr vormittags. Torpedo oculata. 97 gr. Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, alkalisch, durchsichtig, unter Trichter mit feuchtem Filtrierpapier gestellt. Temperatur 16° C.

1 Uhr	nachmittags.	Organ	alkalisch,	durchscheinend.
2 =	=	=	=	=
3 =	=	=	=	=
4 =	=	=	=	=
5 =	=	=	=	=
6 =	=	=	=	=
7 =	=	=	=	leicht trüb.

Den 12. April 1887, 9 Uhr vormittags. Organ alkalisch, stark trüb, riecht nicht faulig.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß das in frischem Zustand alkalische Organ, nachdem es aus dem Körper des Fisches herausgeschnitten ist, in keinem Zeitpunkt bis zu dem Eintritt der Fäulnis eine saure Reaktion annimmt. Dagegen verschwindet innerhalb dieser Zeit seine anfängliche Transparenz, und zwar nach einer Liegezeit, deren niedrigste Dauer in unseren Versuchen acht Stunden betrug und die von der Temperatur abhängig zu sein scheint.

Die in dem ersten Versuch an dem Muskel beobachtete alkalische Reaktion im Zustande der Starre ist auffallend, wenn man sie mit den sonstigen diesbezüglichen Angaben über die Reaktion von Muskeln vergleicht. Doch habe ich auch bei anderen Kaltblütern, z. B. Fröschen, häufig alkalische Reaktion in erstarrendem Muskelfleisch angetroffen. Die Alkaleszenz der Gewebe scheint bei den Kaltblütern eine so starke zu sein, daß sie bei dem Absterben sich bildende Säuremenge vollkommen zu neutralisieren vermag, und daß außerdem noch ein Überschuß alkalisch reagierender Substanzen zurückbleibt. Wenn man sich diese Möglichkeit vergegenwärtigt, so wird man sich auch davor bewahren, aus der obigen Feststellung alkalischer Reaktion im absterbenden elektrischen Organ zu folgern, daß in diesem keine säuernden Umsetzungen stattfinden. Vielmehr ist durch jene Versuche nur die Thatsache der alkalischen Reaktion des absterbenden Organes auf Lakmuspapier erwiesen. Eine Entscheidung darüber, ob in dem absterbenden Organ Säuren gebildet werden, die, weil neutralisiert, bei der Prüfung mit Lakmuspapier verborgen bleiben, könnte nur durch ver-

gleichende Bestimmung der Alkaleszenz des frischen und absterbenden Organs, resp. ihrer Extrakte mittels Titrierung gegeben werden.

Den Erscheinungen des Absterbens schloß sich im Hinblick auf den Muskel in natürlicher Folge die Frage nach der Säuerung des thätigen elektrischen Organes an. Um das Organ in starke Thätigkeit zu versetzen, erscheint es ausreichend, den im Wasser schwimmenden Torpedo durch fortgesetzte mechanische Reize zu abwehrenden Schlägen zu veranlassen, bis die Kraft des Organs erschöpft ist. Wenn man in der Reizung kürzere Unterbrechungen eintreten läßt, so kann man den Zeitpunkt, in welchem der Fisch erschöpft ist, weit hinausschieben (etwa eine Stunde) und verfügt sodann über ein Organ, welches zu einer außerordentlich großen Anzahl, immerhin noch schnell genug auf einander gefolgter elektrischer Entladungen gezwungen worden ist. So oft ich nun das Organ eines so behandelten Torpedo mit Lakmuspapier prüfte, fand ich ausgesprochen alkalische Reaktion. Diese Thatsache konnte möglicherweise ihren Grund darin haben, daß die im Laufe der etwa einstündigen Thätigkeit gebildete Säuremenge nicht groß genug war, um die Alkaleszenz des Organgewebes zu überwinden. Ich dachte daher daran, auf künstliche Weise die Dauer der Organthätigkeit zu vergrößern, um eventuell die genügende Säuremenge zu erzeugen. Für diesen Zweck schien in dem Strychnin ein geeignetes Mittel gegeben zu sein.

Schon Matteucci hatte beobachtet, daß der unter Strychninwirkung gesetzte Torpedo außerordentlich starke Schläge erteile, welche sich mit den Convulsionen der Musken kombinierten. Doch finden sich bei ihm keine Angaben über die Möglichkeit, das Organ sehr lange Zeit hindurch im Zustande der Thätigkeit zu erhalten. Er teilt nur mit, daß die Entladungen immer schwächer wurden, in immer kleineren Zwischenpausen erfolgten, und daß der Roche „endlich“ unter Konvulsionen starb. Spätere Forscher konnten dagegen bei Anwendung von kleinen Strychnindosen das Organ einige Stunden in einem Zustande erhalten, in welchem derselbe reflektorisch sowohl wie spontan bald

stärkere, bald schwächere Schläge erteilte. Aber auch die von ihnen angegebene Zeit künstlich gesteigerter Organthätigkeit schien für meinen Zweck nicht ausreichend zu sein, sodaß ich beschloß, einige besondere Versuche anzustellen, um zu erfahren, ob und unter welchen Bedingungen sich der Thätigkeitszustand des Organs auf etwa einen halben Tag protrahieren lasse.

Versuch IV. Den 13. April 1887, nachmittags 3 Uhr. Torpedo marmorata. 145 gr. 3 Tage im Bassin, verhältnismäßig kräftige Schläge, in eine mit 2 Liter Seewasser angefüllte Schüssel gebracht. Dem Wasser werden 10 ccm einer 0,01 % Lösung Strych. nitr. (= 1 mgr Str.) zugesetzt.

4 Uhr. Fisch etwas unruhig. Sonst keine Erscheinungen einer Strychninvergiftung. Dem Wasser werden 5 mgr Str. zugesetzt.

4 Uhr 30 Min. Fisch bewegt sich lebhaft im Wasser. Keine Reflexzuckungen der Muskeln hervorrufbar. Bei Berührung des Organs starke Schläge.

5 Uhr. 25 mgr Str. dem Wasser zugesetzt. Schon

5 Uhr 10 Min. heftige Reflexzuckungen bei leiser Berührung der Schüssel oder Aufschlagen der Hand auf den Tisch, auf welchem die Schüssel steht. Auch ohne solche äußere Anregung treten häufiger Zuckungen auf.*) Die an das Organ gelegte Hand fühlt gleichzeitig mit jeder Kontraktion deutlichen Schlag. Zwischen die letzten eingeschoben seltener ein nicht von Muskelzuckungen begleiteter Schlag.**) Dauert fort bis

5 Uhr 40 Min. Kein Schlag fühlbar. Statt der Reflexzuckungen treten Konvulsionen auf. Da Tod befürchtet wird, so wird das Wasser durch strychninfreies ersetzt.

*) Wiewohl der reflektorische Charakter dieser Zuckungen wahrscheinlich ist, seien sie von nun an zum Unterschied von den unmittelbar vorher erwähnten „spontane Zuckungen" genannt.

**) Von nun an „spontane" oder Abwehrschläge genannt. Vgl. vorangehende Anmerkung.

6 Uhr 30 Min. Der Fisch zeigt sich mäßig erholt. Krämpfe haben vollkommen aufgehört. Doch lassen sich starke Reflexzuckungen hervorrufen. Auch zeigen sich spontane Kontraktionen. Gleichzeitig mit beiden lassen sich am Organ deutliche Schläge wahrnehmen. Dem Wasser werden 5 mgr Str. zugesetzt, die Beobachtung für diesen Tag abgebrochen und der Fisch über Nacht in der Schüssel gelassen.

Den 14. April 1887, vormittags 9 Uhr. Fisch lebend am Boden des Gefäßes liegend. Bei leisester Berührung der Schüssel Reflexkontraktionen; auch spontane Zuckungen. Die an das Organ gelegte Hand fühlte gleichzeitig mit ihnen schwache Schläge.

10 Uhr. Derselbe Befund.
11 = Kein Schlag; Reflexzuckungen hervorrufbar.
12 = = = Reflexzuckungen.
1 = = = =
3 = = = Fisch scheint sehr ermattet, Versuch beendet.

Der in diesem Versuch benutzte Torpedo war volle 24 Stunden unter Strychninwirkung. Das Organ zeigte noch etwa 17 Stunden nach dem Auftreten der ersten Erscheinungen der Strychninvergiftung die Fähigkeit zu elektrischen Entladungen, welche sich mit den spontanen und Reflexzuckungen verbanden, also der Wirkung des Strychnin zuzuschreiben sind. Es konnte demgemäß keinem Zweifel unterliegen, daß sich durch Strychnin die Thätigkeit des Organs erheblich protrahieren lasse. Mit seiner Hilfe sollte nun die Frage, ob das thätige Organ sich säuere, zu entscheiden versucht werden. Da die Einführung des Strychnin in den Leib des Fisches aus der wässrigen Lösung, in der er schwamm, zu umständlich und unsicher war, so wählte ich die Einspritzung unter die Haut.

Durch verschiedene Versuche fand ich als Dosis, welche einen dem oben geschilderten ähnlichen Erfolg hervorrief, für sehr große Versuchstiere die minimale Menge von $^{1}/_{10}$—$^{3}/_{10}$ mgr, für kleinere Torpedos eine entsprechend

geringere Quantität. Weiterhin stellte sich bei diesen Vorversuchen heraus, daß es vorteilhaft ist, das Wasser des Gefäßes, in welchem sich der Torpedo befindet, häufig zu wechseln, da hierdurch die Organkraft mächtig angeregt und der sonst häufig schnell eintretenden allgemeinen Erschöpfung vorgebeugt wird.

Am besten gelangen einige Versuche, in denen der strychninisierte Torpedo während der ganzen Versuchsdauer oder wenigstens über Nacht in dem beständig sich erneuernden Seewasser des in dem Zimmer befindlichen Bassins gehalten wurde. Doch konnte ich leider von dieser vorteilhaften Einrichtung keinen allzu ausgiebigen Gebrauch machen, da das Wasser dieses Bassins auch durch die übrigen Bassins des Instituts fließt und die Gefahr einer Schädigung der hier befindlichen zarten vegetabilischen und animalischen Gebilde in dem wahrscheinlichen Falle nahelag, daß der Torpedo das Gift durch die Kiemen allmählich aus seinem Körper in das umgebende Wasser ausschied.

Notwendig mußte es erscheinen, in jedem einzelnen der anzustellenden Strychninversuche des Vergleichs halber auch die Reaktion im Ruhezustande zu bestimmen. Da dies ohne partielle Zerstörung des Organs nicht anging und hierdurch möglicherweise die Entladungskraft desselben hätte leiden können, so durfte die Feststellung der Ruhereaktion nicht an einem Organ geschehen, an welchem die Thätigkeitsreaktion bestimmt werden sollte. Ich verteilte daher diese beiden Aufgaben auf die beiden Organe des Versuchtieres. Es handelte sich nun darum, zu vermeiden, daß das Organ, an welchem die Ruhereaktion geprüft werden sollte, durch allzuviele Entladungen, wie sie das Herausnehmen des Fisches aus dem Bassin und die für jene Prüfung notwendige kleine Operation mit sich bringen — und gerade diese von einem frischen Torpedo erteilten Schläge sind die stärksten — sich allzuweit von dem Zustand der Ruhe entferne. Aus diesem Grunde erschien es am geratensten, den Fisch vorsichtig aber schnell aus dem Bassin zu holen und unmittelbar darauf durch einen tiefen und langen Schnitt durch das Organ dicht am Rande des Kiemenkorbes und

parallel demselben sämmtliche zu dem Organ tretenden Nerven zu durchschneiden. Dieses Verfahren, welches die absolute Ruhe des Organes sichert, hat auch den großen Vorzug, daß man nunmehr die Reaktionsprüfung vornehmen kann, ohne durch die bei großen Fischen oft recht unangenehmen Entladungen gestört zu werden. Freilich trifft der durch das Organ geführte Schnitt außer den Nerven auch die Gefäße, welche aus dem Kiemenkorb in das Organ treten, und könnte so zu einer reichlichen Blutung Veranlassung geben, deren schwächende Wirkung umsomehr ins Gewicht fallen müßte, als die Kräfte des Tieres noch durch die anschließende Strychninisierung auf das Äußerste in Anspruch genommen werden sollen. Allein mehrere Versuche, welche lediglich den Einfluß des Schnittes auf das Befinden des Rochen feststellen sollten, zeigten bald, daß der Fisch nur wenig durch diesen scheinbar recht bedeutenden Eingriff alteriert wird, daß die Blutung, sofern nicht der Kiemenkorb aus Unvorsichtigkeit verletzt ist, verhältnismäßig gering ist und bald entweder von selbst oder auf Betupfen mit Eisenchlorid steht. Bei Anwendung des letztgenannten blutstillenden Mittels ist es nur nötig, dasselbe mit der auf der Seite des Kiemenkorbes liegenden Schnittfläche in Berührung zu bringen, da die ausschließliche Versorgung des Organes mit Blut von diesem her stattfindet und die Blutung aus dem Organ selbst eine minimale ist. Um die Applikation des Eisenchlorids an die genannte Schnittfläche zu erleichtern, schien es vorteilhaft, das ganze Organ herauszuschneiden, indem man die hierzu nötigen, den Begrenzungen des Organs folgenden Schnitte an den ersten die Nerven trennenden Schnitt anschließt. Einige Versuche ergaben, daß das Ausschneiden des Organes keinen schlimmeren Effekt auf das Verhalten des Torpedo ausübt, als der einfache Trennungsschnitt. Diese Versuche, sowohl wie das Ergebnis eines anderen Kontrollversuches, durch welchen festgestellt wurde, daß bei einem nicht strychninisierten Torpedo nach dem Herausschneiden eines Organes das andere nach einem der voraussichtlichen Dauer der beabsichtigten Strychninversuche entsprechendem Zeitraum deutlich alkalische, also keine

andere Reaktion zeigt, als normale frische Ruheorgane, berechtigten daher zu der Anwendung des genannten Verfahrens in den folgenden Versuchen:

Versuch V. Den 14. April 1887, nachmittags 3 Uhr. Torpedo oculata. 550 gr. 6 Tage im Bassin. Rechtes Organ ausgeschnitten. Blutung unbedeutend und steht bald, nachdem der Fisch in ein großes, mit 5 Liter Seewasser gefülltes Becken gebracht ist. Reaktion des rechten Organes alkalisch. Der Fisch macht im Becken muntere Bewegungen. Schlag beim Anfassen des linken Organes.

3 Uhr 30 Min. 0,00015 Strychnin unter die Rückenhaut injiciert.

4 Uhr 30 Min. Starke Reflexkontraktionen auf kleine Reize, häufig mit Schlägen des Organs verbunden.

5 Uhr. Derselbe Befund.

6 Uhr. Ebenso.

7 Uhr. Ebenso. 0,0001 Strychnin injiciert. Wasser des Beckens gewechselt.

Den 15. April 1887, vormittags 10 Uhr. Der Fisch wird tot im Becken aufgefunden. Er liegt auf der Bauchseite, sein Rücken ist ausgehöhlt. Er ist vollkommen starr, so daß diese Krümmung sich auch nicht verändert, nachdem der Fisch am Schwanz aus dem Wasser gehoben ist. Das linke Organ wird ausgeschnitten und von Haut entblößt. Es ist wie frisches Organ durchsichtig, zeigt jedoch ein etwa Zweimarkstück großes Extravasat, welches das Organ in seiner ganzen Tiefe durchsetzt. An einem Punkt, welcher möglichst fern von dem Extravasat ist, wird die Reaktion des Organs bestimmt. Sie ist schwach alkalisch.

Ein Stück Rückenmuskulatur giebt schwach alkalische Reaktion.

Wiewohl das thätige Organ sich noch als durchsichtig zeigte, so kann doch diesem Versuche keine Bedeutung beigemessen werden, da die Dauer der Strychninwirkung nicht ersichtlich, und auch in dem Extravasat eine außergewöhnliche Komplikation eingetreten ist. Größere Beweiskraft besitzen die folgenden Versuche:

Versuch VI. Den 18. April 1887, mittags 12 Uhr. Torpedo ocellata, weiblich, 950 gr. 8 Tage im Bassin. Rechtes Organ ausgeschnitten, mäßig alkalisch. Beim Ausschneiden des Organs wird durch Versehen der Kiemenkorb verletzt, was zu starker Blutung Veranlassung giebt. In eine Schüssel mit Seewasser gebracht, macht der Fisch anfangs lebhafte Bewegungen, kommt jedoch bald zur Ruhe. Schlag beim Anfassen des Organs nicht wahrzunehmen. Seewasser t ündlich gewechselt.

Nachmittags 3 Uhr 30 Min. Der Fisch hat sich sichtlich erholt. Bei Berührung des Schwanzes außerordentlich starke Bewegungen. Sehr kräftiger bis in die Achsel fühlbarer Schlag bei Berührung des Organs.

Nachmittags 4 Uhr. 0,0002 Strych. nitr. unter die Rückenhaut injiciert.

Nachmittags 6 Uhr. Der Fisch ist sehr unruhig. Sehr starke Abwehr, schlägt beim Anfassen des Organs. Reflexkontraktionen und Reflexschläge noch nicht zu erzeugen.

Nachmittags 7 Uhr. Ganz leichte Reflexkontraktionen durch Berührung des Beckens, begleitet von deutlichen Entladungen. Zwischen die letzten eingeschoben starke Abwehrschläge. Der Fisch kommt in ein Bassin, in welchem sich das Seewasser beständig erneuert und bleibt hier über Nacht.

Den 19. April 1887, vormittags 10 Uhr. Der Fisch liegt ruhig am Boden des Bassins. Leise Erschütterung desselben ruft Reflexkontraktion hervor. Aus dem Bassin genommen und auf den Tisch gelegt, beantwortet er jeden mäßig starken Schlag auf denselben mit blitzartigen Zuckungen. Die eigene Beweglichkeit ist vollkommen aufgehoben. Beim Anfassen des Organs wird nur dann ein Schlag gefühlt, wenn die Berührung des Organs eine Muskelkontraktion auslöst. Ebenso verbindet sich mit jeder durch das Klopfen auf den Tisch hervorgerufenen Kontraktion ein Schlag. Als eine größere Anzahl Reflexkontraktionen hintereinander durch Schlagen auf den Tisch hervorgerufen wird, nimmt die Stärke der mit ihnen verbundenen elektrischen Ent-

ladungen schnell ab, während die Kontraktionen nur ganz allmählich kleiner werden und noch fortdauern, wenn die Schläge fühlbar zu sein aufgehört haben. Die so erzeugte Erschöpfung des Organs bleibt, solange der Torpedo auf dem Tisch gehalten wird, bestehen.

Vormittags 10 Uhr 50 Min. Der Torpedo wird in ein Becken mit 5 Liter frischen Seewasser gebracht. Ruhige Lage auf dem Boden desselben. Berührung des Beckens ruft Reflektionen hervor.

Vormittags 11 Uhr 30 Min. Der Fisch wird aus dem Becken genommen und auf den Tisch gebracht. Die Schlagkraft des Organs ist wieder zurückgekehrt. Alle vor einer Stunde gemachten Beobachtungen lassen sich wiederholen. Um 12 Uhr wird der Fisch in das Becken zurückgebracht und bleibt von nun an bis zum Ende des Versuches in demselben. Das Wasser wird stündlich erneuert. Häufig wird das Becken oder der Fisch selbst berührt, um das Organ zu reflektorischen Schlägen zu veranlassen. Dieselben lassen sich ununterbrochen bis 3 Uhr nachmittags feststellen, nehmen aber beständig an Stärke ab. Nach diesem Zeitpunkt ist kein Schlag mehr wahrzunehmen, während die Reflexkontraktionen noch hervorgerufen werden können, aber bedeutend schwächer geworden sind und träger ablaufen.

5 Uhr 30 Min. Atmung des Fisches steht still. Er wird aus dem Becken genommen, linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, zeigt durchsichtige Beschaffenheit und schwach alkalische Reaktion.

Rückenmuskulatur schwach alkalisch.

Versuch VII. Den 20. April 1887, vormittags 11 Uhr. Torpedo oculata, männlich, 8 Tage im Bassin, 350 gr. Rechtes Organ ausgeschnitten. Reaktion schwach alkalisch. Die geringe Blutung mit Eisenchlorid gestillt. Der Fisch wird in eine Schüssel mit 2½ Liter Seewasser gebracht. Kräftiger Schlag beim Anfassen des Organs und lebhafte Bewegungen in dem Wasser. Dasselbe wird stündlich erneuert.

Nachmittags 2 Uhr. 5 Milligr. Strychnin zu dem Wasser hinzugesetzt. Keine Zeichen einer Strychninvergiftung bis

Nachmittags 6 Uhr. Der Fisch ist sehr unruhig. Reflexkontraktionen und Reflexschläge jedoch noch nicht hervorgerufen. Abwehrentladungen sehr stark.

Nachmittags 7 Uhr. Dasselbe Verhalten. Die Beobachtung wird für diesen Tag abgebrochen. Der Fisch wird in das Bassin mit beständig sich erneuerndem Seewasser gebracht und bleibt hier die Nacht.

Den 21. April 1887, vormittag 10 Uhr. Fisch macht sehr muntere Bewegungen. Keine erhöhte Reflexerregbarkeit wahrnehmbar. Er wird wieder in die Schüssel mit 2½ Liter Seewasser gebracht.

Vormittags 10 Uhr 30 Min. 0,0002 Strychnin unter die Rückenhaut injiciert. Bereits nach 30 Sekunden blitzartige, große Reflexkontraktionen hervorrufbar. Auch spontane Zuckungen. Gleichzeitig mit den Reflexzuckungen können Schläge des Organs gefühlt werden. Dauert fort bis nachmittags 7 Uhr. Der Fisch wird in das Bassin mit fließendem Seewasser gebracht und bleibt hier die Nacht.

Den 22. April 1887, morgens 9 Uhr. Fisch still am Boden des Bassins liegend. Mäßig starke Reflexzuckungen hervorrufbar. Die an das Organ gelegte Hand fühlt wenige sehr schwache Schläge. Der Versuch abgebrochen. Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, zeigt sich durchsichtig, schwach alkalische Reaktion. Rückenmuskulatur schwach alkalisch.

In den beiden letzten Versuchen war es gelungen, das Organ sehr lange Zeit unter Strychninwirkung zu halten, ohne daß schließlich seine Reaktion sich als wesentlich verschieden von der des ruhenden herausgestellt hätte. Gegen diese Versuche kann aber der Einwand erhoben werden, daß die Blutzirkulation in dem unter Strychninwirkung gesetzten Organ erhalten blieb, und dadurch die eventuell bei der Thätigkeit erzeugten Säuren fortgeführt wurden, während gleichzeitig die Alkaleszenz des Organgewebes sich beständig aus dem neu hinzuströmenden Blut ergänzte. Es drängte sich daher die Frage auf, ob es nicht möglich wäre, ein Organ auch bei Ausschluß seiner Blutzirkulation mit Strychnin in langdauernde Thätigkeit zu setzen. Nach den Angaben Hyrtls, die in den anatomischen

Vorbemerkungen erwähnt, mußte zur Herstellung der Zirkulationslosigkeit die Unterbindung der von den Kiemen in das Organ tretenden Stammgefäße ausreichen. Der Anwendung des Strychnins als Mittel zur künstlichen Verlängerung der Organthätigkeit konnten keine Bedenken entgegenstehen, da die Wirkung dieses Giftes auf das elektrische Organ gleichwie auf die Muskeln von dem nervösen Zentrum aus erfolgt, dessen Blutversorgung durch die Abbindung der Organgefäße nicht tangiert wird. Daß in der That das Strychnin nur an das Zentrum angreift, lehrt der augenblicklich die Entladung aufhebende Erfolg eines Trennungschnittes, welcher durch die Nerven des Organs eines strychninisierten Torpedo geführt wird. Weiterhin schienen für die Ausführbarkeit des geplanten Versuches auch die bisherigen Erfahrungen über die Fähigkeit des zirkulationslosen Organes zu elektrischen Schlägen und die Dauer dieser Fähigkeit zu sprechen. Matteucci prüfte dieselbe an den Organen von Rochen, deren Herz ausgeschnitten worden war, bei denen also nicht allein das Organ, sondern auch sein nervöses Zentrum ohne Blutversorgung war, und giebt an, daß die Entladungskraft anfangs in vollem Umfange fortbesteht und erst allmählich in dem Maße, als das Tier ‚dem Tode näher tritt", sich schwächt. Er fügt dieser Angabe die Worte hinzu: „Es wäre jedoch zunächst der Versuch der Unterbindung der Blutgefäße des elektrischen Organes zu machen."

Moreau suchte die Blutleere auf das Organ zu beschränken, indem er ein leicht erstarrendes Gemenge aus Talg und Terpentinöl in das Rückengefäß hinter dem Magen injizierte, und konnte nach der Erstarrung starke Schläge fühlen. Ähnliche Beobachtungen haben neuere Forscher gemacht, von denen jedoch keiner den Ausschluß der Zirkulation in dem Organ auf dem Wege der Unterbindung seiner Gefäße herbeigeführt hat. Diese Methode ist allerdings mit einigen Schwierigkeiten verknüpft, da die Gefäße, tief in das Organ eingebettet, gemeinsam mit den elektrischen Nerven und von deren Strängen umsponnen verlaufen, also nicht leicht faßbar sind, und weiterhin der

Vorteil, welchen Gefäße von größerem Durchmesser ihrer Auffindung und Unterbindung darbieten, die Wahl großer Versuchstiere notwendig macht, deren kräftigen und häufig lähmenden Schlägen man während der langen Operationsdauer nicht entgehen kann, weil die feineren Manipulationen das Tragen von schützenden Handschuhen nicht zulassen. Doch sind die genannten Schwierigkeiten nicht groß genug, um ernstlich von der Anwendung des Unterbindungsverfahrens zurückzuhalten. Ich beschloß daher zunächst am nicht strychninisierten Torpedo mich über die Entladungsfähigkeit eines durch Abbindung seiner Gefäße blutleer gemachten Organes zu unterrichten. Zu diesem Zwecke entnahm ich dem Bassin einen großen, nahezu 1 Kilogramm wiegenden Torpedo, legte ihn mit der Bauchfläche nach unten gekehrt auf den Operationstisch und befestigte ihn, um störende Bewegungen während der Operation unmöglich zu machen, hier mittels Reißbrett-Zwecken, welche ich durch Schwanz und Seitenflossen steckte. Sodann durchtrennte ich mit einem Schnitte längs dem rechten Rande des Kiemenkorbes in kleiner Entfernung vom demselben die Nerven des Organs der linken Seite und sicherte mich auf diese Weise vor den Schlägen, welche dasselbe während der Dauer der Operation an dem anderen Organ bei der geringen Breite des Kiemenkorbes und der Nähe des Operationsfeldes an demselben als unangenehme Zugabe zu den von dem rechten Organ provozierten unvermeidlichen Entladungen fühlbar machen konnte.

Nach diesen Vorbereitungen begann ich die eigentliche Operation zur Freilegung der Gefäße mit einem Hautschnitt von etwa 3 cm Ausdehnung, der genau dem rechten Rande des Kiemenkorbes folgte, ging mit dem stumpfen Ende des Skalpellstieles zwischen Organ und Kiemenkorb ein und drängte beide Teile unter vorsichtigem Zerreißen der sie verbindenden ziemlich straffen bindegewebigen Brücken der ganzen Länge des Hautschnittes entsprechend auseinander, bis in einer Tiefe, welche der halben Dicke des Organs gleichkam, die weißschimmernden Bündel der vereinten Nerven und Gefäße erreicht waren. Darauf präparierte ich

vorsichtig unter möglichst geringer Zerrung der Nerven den in jedem Bündel verlaufenden venösen und arteriellen Stamm aus ihm heraus, führte mit einem feinen geöhrten Haken einen Faden unter den freigelegten Gefässen hindurch und unterband dieselben dicht an dem Kiemenkorbe. Die Präparation an den Bündeln vollzog sich ohne jedes Blutvergießen, dagegen war bei dem Zerreißen der bindegewebigen Brücken, welche Organ und Kiemenkorb verbinden, eine Blutung eingetreten, die zwar nicht stark, aber auch nicht schwach genug war, um ausschließlich durch die unvermeidlich kleinen Verletzungen des Kiemenkorbes selbst erklärt werden zu können, und dadurch dem Gedanken Verschub leistete, daß möglicherweise im Widerspruch mit den Hyrtlschen Angaben über die ausschließliche Blutversorgung des Organs durch die Stammgefäße eine Verbindung zwischen Kiemenkorb und Organ durch kleine in den zertrennten bindegewebigen Balken des Zwischenwerks verlaufende Blutgefäße bestehe. Wollte ich daher sicher sein, dem Organ die Blutzufuhr gänzlich abgeschnitten zu haben, so war ich genötigt, die bisher nur partiell bewirkte Lösung jener Verbindung zu einer vollständigen zu machen. Diese Aufgabe ließ sich bei der Lage, welche der Torpedo innehatte, nur schwierig und mit Gefährdung der Nervenstämme ausführen, da das zerreißende Skalpell sich zwischen die ziemlich dicht bei einanderliegenden Bündel hätte hindurchbegeben und teilweise hinter denselben seine Arbeit vollziehen müssen. Ich löste daher die Zwecken, welche den Fisch an den Tisch hefteten, brachte die Bauchfläche nach oben, machte darauf einen 3 cm langen Hautschnitt, welcher genau der Grenzlinie zwischen Kiemenkorb und rechtem Organ entsprach, und drang wiederum stumpf die verknüpfenden bindegewebigen Balken zerreißend nach der Tiefe vor, bis ich die Nervenbündel und das Bereich der schon getrennten Bindeschicht erreicht hatte. Damit war die Verbindung zwischen Organ und Kiemenkorb lediglich auf die Bündel der vereinten Nerven und abgebundenen Gefäße beschränkt und die Operation vollendet. Während der ganzen Dauer derselben, die nahezu 25 Minuten betrug,

hatte der Torpedo sich mit Schlägen zur Wehr gesetzt, die anfänglich von außerordentlicher Heftigkeit waren, bald aber an Intensität erheblich abnahmen. Eine besondere Verstärkung der Schläge zu der Zeit, in welcher ich die Nerven zu berühren gezwungen war, habe ich nicht wahrnehmen können. Nachdem in der geschilderten Weise die Zirkulation des rechten Organes gehemmt worden war, brachte ich den Fisch in ein mit 5 Liter Seewasser gefülltes Becken, auf dessen Boden derselbe offenbar sehr ermattet sich hinlegte und regungslos verharrte. Doch bereits nach 10 Minuten begann er sich zu erheben und anfänglich langsam, allmählich immer lebhafter, ohne durch äussere Reize getrieben zu werden, im Wasser umherzuschwimmen. Als ich nun an das Organ des munter im Becken schwimmenden Torpedo die Hand anlegte, fühlte ich eine Reihe schnell folgender heftiger Entladungen. Dieselbe Beobachtung machte ich nach Ablauf einer viertel Stunde, während welcher Zeit die Bewegungen des Fisches sich nicht vermindert hatten. Eine Stunde nach der letzten Feststellung lag der Torpedo bereits wieder ruhig am Boden des Gefäßes, antwortete aber gleichwohl bei der Berührung des Organes mit mehreren schnell folgenden elektrischen Schlägen, deren Kraft nur wenig hinter der der früheren Entladungen zurückstand. Genau dasselbe Verhalten zeigte der Fisch an dem Ende der nächsten halben Stunde und ebenso der dieser folgenden. Aber schon eine viertel Stunde nach der letzten Prüfung war die Entladungskraft des Organs so erheblich gesunken, daß die an das Organ gelegte Hand nur sehr undeutlich einige schwache Entladungen wahrzunehmen vermochte. Nachdem auch diese verschwunden, waren im Laufe der folgenden Beobachtungen weitere Entladungen nicht mehr zu erkennen. In dem sonstigen Verhalten des Fisches zeigten sich zunächst keine auffallenden Veränderungen. Erst nach 5 Stunden stellten sich deutliche Zeichen beginnender Ermattung des Fisches ein, indem die in der Bewegung der Spritzlöcher und des Kiemenkorbes sichtbare Atmung langsamer und unregelmäßig wurde, ja ab und zu für kurze Zeit vollständig still stand. Nach Ablauf einer halben Stunde war der Fisch tot.

Dieser Versuch hatte gezeigt, daß das zirkulationslose Organ $2^1/_2$ Stunden lang deutlich fühlbare elektrische Schläge zu erteilen im stande ist. Es war zu erwarten, daß unter dem Einfluß von Strychnin sich die Dauer der Entladungsfähigkeit noch würde verlängern lassen. So konnte man hoffen, bei der Erregung des zirkulationslosen Organs durch Strychnin einen für den Zweck unserer Versuche ausreichenden Thätigkeitszustand herbeizuführen, besonders wenn man in Betracht zog, daß infolge des Ausschlusses der Zirkulation sich die Umsatzprodukte in dem Organ anhäufen mußten.

Versuch VIII. Den 30. April 1887, nachmittags 3 Uhr. Torpedo oculata, weiblich, 8 Tage im Bassin, 650 gr. Rechtes Organ ausgeschnitten. Reaktion alkalisch. Stammgefäße des linken Organs dicht am Kiemenkorb unterbunden und Bindegewebe zwischen Organ und Kiemenkorb gänzlich getrennt. Während der Operation schwächen sich die anfangs starken Schläge so sehr, daß sie am Schluß derselben kaum mehr wahrnehmbar sind.

3 Uhr 15 Min. Der operierte Fisch wird in ein Becken mit 5 Liter Seewasser gebracht, schwimmt munter umher. Sehr schwacher Schlag beim Anfassen des Organs.

3 Uhr 40 Min. Der Fisch bewegt sich lebhaft. Schwacher Schlag beim Anfassen des Organs.

4 Uhr. 0,0005 Strychnin unter die Rückenhaut injiziert.

5 Uhr. Der Fisch ist sehr unruhig. Reflexkontraktionen hervorrufbar, die aber nicht von Reflexschlägen begleitet sind. Auch freiwillige Schläge nicht wahrnehmbar.

7 Uhr. Leiseste Berührung ruft Reflexkontraktionen hervor. Schläge nicht wahrnehmbar. Die Beobachtung wird für diesen Tag abgebrochen und der Fisch in das Bassin mit beständig sich erneuerndem Seewasser gebracht, wo er über Nacht bleibt.

Den 1. Mai 1887, vormittags 10 Uhr. Der Fisch liegt ruhig atmend am Boden des Bassins. Außerordentlich gesteigerte Reflexerregbarkeit. Leises Schlagen auf die Glaswand ruft blitzartige große Zuckungen hervor, die mit deutlich fühlbaren elektrischen Entladungen verbunden sind.

Der Fisch wird in das Becken mit 5 Liter Seewasser gebracht.

Vormittag 11 Uhr. Dasselbe Verhalten.

〃 12 Uhr. 〃 〃

Nachmittag 1 Uhr. 〃 〃

〃 3 Uhr. Starke Reflexkontraktionen, Schläge außerordentlich schwach.

Nachmittag 5 Uhr. Der Fisch scheint sehr erschöpft, Reflexkontraktionen hervorrufbar, kein Schlag.

Nachmittag 7 Uhr. Derselbe Befund. Der Fisch bleibt über Nacht im Bassin mit fließendem Seewasser.

Den 2. Mai 1887, vormittags 10 Uhr. Der Fisch wird tot im Bassin aufgefunden. Organ ausgeschnitten, enthäutet, durchsichtig, schwach alkalische Reaktion. Reagenspapier wie in früheren Versuchen.

Das zirkulationslose Organ war in diesem Versuche lange Zeit durch Strychnin in Thätigkeit gesetzt worden. Gleichwohl war das Ergebnis der Reaktionsprüfung kein anderes als das der früheren Versuche. Der Übersicht halber seien die Resultate der Strychninversuche in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle I.

Versuch	Frisches Organ	Nach Strychninisierung Organ	Dauer des Versuches	Gewicht gr
V	alk.	schw. alk.	21 Stunden	550
VI	schw. alk.	〃 〃	29 〃	950
VII	〃 〃	〃 〃	46 〃	350
VIII	alk.	〃 〃	43 〃	650

Es war also sicher gestellt, daß das durch Strychnin in langdauernde Thätigkeit versetzte Organ des Zitterrochen niemals mittels des Lakmus eine saure Reaktion erkennen

läßt. Durch diese Feststellung wird natürlich, wie früher bereits erwähnt, die Frage offengelassen, ob bei der Thätigkeit Säuren gebildet werden, da ja die Alkalimengen des Organs dieselben neutralisieren und so bei der Prüfung mit Lakmus nicht wahrnehmbar machen können. Sollte diese Frage endgiltig entschieden werden, so mußte vergleichend der Grad der Alkaleszenz im ruhenden und thätigen Organ auf dem Wege der Titrierung bestimmt werden. Aber abgesehen davon, daß die für solchen Zweck notwendigen Organe oder Organstücke der in den obigen Versuchen verwandten Torpedos nicht aufbewahrt worden waren, trat die Idee einer vergleichenden Bestimmung der Alkaleszenz ruhender und strychninisierter Organe auch vor der Möglichkeit zurück, auf einem viel zuverlässigerem Wege als dem der Strychninisierung das Organ zur Thätigkeit zu zwingen und an dem so behandelten Organ die Frage der Säurebildung im Zusammenhang mit anderen an die Thätigkeit anknüpfenden Fragen zu beantworten. Dieser neue Weg der Thätigkeitserregung ist in der elektrischen Reizung des nervösen Apparates gegeben, welcher das elektrische Organ beherrscht. Auch Weyl wählte die Methode der Elektrisation, um das Organ in Thätigkeit zu setzen. Allein er legte die Elektroden nicht an die elektrischen Nerven oder das nervöse elektrische Zentrum, sondern er wählte den Weg der direkten Elektrisation, indem er eine kammförmig gestaltete Elektrode in das Organ nach einem vorangegangenen, die Nerven und Gefäßstämme treffenden Trennungsschnitte einstieß. Wenngleich nun dieses Verfahren nach den Beobachtungen Du Bois-Reymonds die Sicherheit giebt, daß das Organ in den Zustand der Thätigkeit versetzt wird, so ist doch immerhin der Gedanke nicht von der Hand zu weisen, daß neben den Umsetzungen, welche der Thätigkeit eigentümlich sind, noch elektrolytische Vorgänge auftreten, die das Ergebnis trüben können. Es muß dahin gestellt bleiben, inwieweit die vielfach sich widersprechenden Resultate der Weylschen Versuche durch diesen Umstand beeinflußt worden sind. Bereits in den einleitenden Bemerkungen zu dieser Arbeit wurde das Ergebnis der Weylschen Unter-

suchungen über den Stoffwechsel des thätigen Organes berührt. Wir haben hier noch hinzuzufügen, daß selbst bei denjenigen Feststellungen, welche bei fast allen Versuchen gleichmäßig wiederholt werden konnten, der Unterschied zwischen Thätigkeit und Ruhe ein außerordentlich geringer ist. Weyl glaubt die geringe Differenz, die sich ihm in dem chemischen Znstand des thätigen und ruhenden Organes ergab, durch die Annahme der Unzuverlässigkeit der Hyrtlschen Angaben erklären zu können, welche ihn zu dem Glauben veranlaßten, mit der Durchschneidung der Stammgefäße das zu elektrisierende Organ gänzlich der Zirkulation beraubt zu haben. Um ein Bild von dem unbedeutenden Abstand zwischen Ruhe und Thätigkeit und gleichzeitig dem Mangel an Gleichmäßigkeit in seinen Versuchsresultaten zu geben, lasse ich folgende 1881 von ihm publizierte Tabelle folgen, in welcher n das ruhende und g das elektrisch gereizte Organ bedeutet.

Tabelle II.

		Alkohol-extrakt in Proz. des frischen Organs	Wasserextrakt in Proz. des frischen Organs	
			Rückstand	Asche
1	n	8,2	—	—
	g	8,18	—	—
2	n	7,66	—	—
	g	7,35	—	—
3	n	8,17	1,74	0,321
	g	6,43	1,74	0,315
4	n	7,784	1,574	0,356
	g	7,54	1,36	0,342
5	n	—	1,31	0,36
	g	—	1,65	0,34

Bei so geringen Unterschieden zwischen Ruhe und Thätigkeit dürfte man billigerweise auch über die Schlußfolgerung erstaunt sein, welche Weyl nach Darbietung dieser Tabelle aus den Resultaten der vergleichenden Bestimmungen des alkoholischen Extraktes mit den Worten zieht: „Man ersieht aus dieser Tabelle, daß das alkoholische Extrakt bei der Thätigkeit abnimmt. . . . Es wird also bei der Thätigkeit ein in Alkohol löslicher Körper verbraucht.“ Nicht lange Zeit später (1882) sieht sich Weyl zu der Mitteilung genötigt: „Früher standen mir nur Versuche zu Gebote, in welchen der Alkoholextrakt der nicht gereizten Seite schwerer war. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes stellte ich . . . neue Versuche an, die mir das umgekehrte Resultat liefern.“ Bezüglich der Reaktion des elektrisch gereizten Organes äußert sich Weyl folgendermaßen: „Reizt man das (sc. durch den vorangehenden die Nerven und Gefäße treffenden Trennungsschnitt zirkulationslos gemachte) Organ eines lebenden Fisches (Torpedo) außerhalb des Wassers anhaltend durch Induktionsströme von allmählich wachsender Intensität direkt, d. h. mit Hilfe kammförmiger Elektroden, welche in das Organ eingesenkt werden, so nimmt dies nach etwa einstündigem Reizen eine saure Reaktion an.“ Er fügt hinzu, daß er diese Beobachtung nur an kleinen Torpedos zu machen vermochte.

Während alle diese Feststellungen Weyl's auf einem nicht ganz einwandsfreien Wege gewonnen wurden, sollte nun die Frage der Säuerung und andere den Stoffumsatz bei der Thätigkeit betreffende vorwiegend der physiologischen Muskelchemie entlehnten Fragen an einem Organ entschieden werden, welches zur Elektrisation seiner Nerven oder des elektrischen Zentralorganes in den Zustand der Thätigkeit versetzt worden war. Der Ausschluß der Blutzirkulation war hierbei ein selbstverständliches Gebot. Die Möglichkeit, durch elektrische Reizung der Nerven oder des lobus electricus starke Entladungen auch des zirkulationslos gemachten Organes auszulösen, ist durch Matteucci auf das schlagendste an den Organen von Rochen nachgewiesen worden, welchen das Herz ausgeschnitten worden war. Diese Methode der

Herzausschneidung, durch welche die Zirkulationslosigkeit nicht allein auf das Organ beschränkt blieb, sondern auch auf den elektrischen Nervenapparat ausgedehnt wurde, empfahl sich auch in unserem Versuche aus dem Grunde, weil sie die Entladung möglichst schnell dem Willen des Tieres entzog und darum eine Bestimmung des Verhältnisses zwischen der Stärke des applizirten elektrischen Reizes und der durch ihn ausgelösten Entladung gestattete. Wichtig war nur noch die Beantwortung der Frage, ob die Schlagkraft eines von dem nervösen Apparat elektrisch gereizten Organes derart behandelter Torpedos sich solange erhalte, um einen für den Zweck unserer Versuche ausreichend hohen Thätigkeitszustand herbeizuführen. Hierüber sollte ein Vorversuch Aufschluß geben. Zur elektrischen Reizung verwendete ich den Induktionsstrom. Denselben lieferte mir ein Schlittenapparat, welcher von einem Zinkkohlenelement getrieben wurde. Als Applikationsstelle für den elektrischen Reiz wählte ich den lobus electricus, welcher durch eine einfache Manipulation, die Abhebung des Schädeldaches blosgelegt werden kann, also bei weitem leichter zugänglich ist, als die nur zwischen Kiemenkorb und Organ in der Tiefe zu fassenden Nervenstämme, und fernerhin auch von den getrennt verlaufenden Nerven den Vorzug hat, auf einem verhältnißmäßig kleinen Gebiete alle nervösen Elemente, welche das Organ beherrschen, zu vereinen.

Ich entnahm dem Bassin einen mittelgroßen Torpedo, legte ihn mit der Bauchfläche aufwärts gewendet auf den Operationstisch, wo ich ihn mit Reißbrettzwecken befestigte, und schnitt ihm das Herz aus. Darauf wendete ich den Fisch nach der anderen Seite, machte zur Ruhigstellung des linken Organs durch die Nerven- und Gefäßstämme desselben den von früheren Versuchen bekannten Trennungsschnitt und löste darauf mit scharfem Messer einen Teil der breiten Schädeldecke aus, wodurch die gelben elektrischen Lappen blosgelegt wurden. Bei der Entfernung der knorpelweichen Decke mittels des Messers ist man keineswegs zur besonderen Vorsicht genötigt, da der gelbe Gehirnteil der Decke' nicht fest anliegt, sondern von ihr durch einen mit

klarer Flüssigkeit ausgefüllten, genügend tiefen Raum getrennt ist. Sodann suchte ich durch Zwicken, Drücken des Schwanzes und andere äußere Reize die Fähigkeit des Organes zu spontanen abwehrenden Entladungen zu erschöpfen. Als ich nach etwa $^1/_4$ Stunde Entladungsreaktion auf derartige Reize nicht mehr wahrzunehmen vermochte, legte ich die Elektroden, welche durch die unumsponnenen Enden der Kupferdrähte der sekundären Rolle dargestellt waren, an den die rechte Seite beherrschenden rechten gelben Lappen des nervösen Zentralorganes an. Bei weitestem Abstand der beiden Rollen konnte ich die Auslösung eines elektrischen Schlages in dem Organ nicht wahrnehmen. Als ich jedoch den Abstand der Rollen ein Stück verkleinerte, ließen sich bereits bei einer Stromstärke, die noch nicht ausreichte, um an der Zungenspitze fühlbar zu sein, deutliche, wenn auch schwache Entladungen des Organs hervorrufen, die nach kurzer Zeit verschwanden. Ich ging darauf allmählich zu stärkeren Reizströmen über und konnte anfänglich ein Wiederauftreten der Entladungen nicht konstatieren, bis ich nach erheblicher Verkleinerung des Rollenabstandes zu einem Strome gelangt war, welcher ziemlich starke Schläge des Organes auslöste und sich von erheblich längerer Wirksamkeit erwies, als die früher wirksam gewesenen. Als auch diese Entladungen fühlbar zu sein, aufgehört hatten, steigerte ich von neuem die Kraft der Reizströme und fand wiederum erst nach einem größeren Sprunge einen wirksamen Strom, mit welchem ich das Organ verhältnißmäßig lange Zeit bis zum Verschwinden der Entladungen erregte. Je mehr ich bei weiterer Annäherung der Rollen in das Bereich der stärkeren Reizströme kam, um so weniger stellte sich die Notwendigkeit eines Vorgehens in größeren Sprüngen zur Erzielung eines wirksamen Stromes heraus, um so geringer brauchte die annähernde Verschiebung der sekundären Rolle an die primäre zu sein, um die eben erst verschwundenen Entladungen von Neuem wieder auftreten zu lassen. Gleichzeitig verlängerte sich wieder mit dem Ansteigen der Reizströme die Zeit, während der das Organ durch einen als wirksam befundenen Strom in Thätigkeit

gehalten werden konnte, und wuchs auch die Kraft der Entladungen. Als jedoch die sekundäre Rolle sich ganz in der Nähe der primären befand, nahm die Dauer der erfolgreichen Reizung mit einem als wirksam befundenen Strom, sowie die Kraft der Schläge erheblich ab, bis bei einem Punkte der Annäherung, bei welchem die entgegengesetzten Enden der Rollen etwa in einer Ebene lagen, eine Grenze erreicht war, über welche hinaus eine weitere Verschiebung auch nicht den leisesten Schlag mehr hervorzubringen vermochte. Was die Form anlangt, in welcher die Reizung mit einem wirksamen Strome stattfand, so wählte ich im Anfang des Versuches die kontinuierliche Applikation der Elektroden. Indem ich jedoch im weiteren Laufe des Versuches mit unterbrochener Reizung abwechselte, gewann ich den Eindruck, daß bei der letzteren Form die Entladungskraft des Organs sich weniger schnell erschöpft, und bediente mich demgemäß fortan ausschließlich dieser Form, wobei ich die Elektroden für mehrere Sekunden dem lobus anlegte und vor der neuen Reizung eine etwa gleichlange Pause eintreten ließ. Seit Beginn der elektrischen Reizung waren in diesem Versuche bis zu der Zeit, in welcher die stärksten Reizströme erschöpft waren, ungefähr 1½ Stunde verstrichen. Nach einer ungefähren Schätzung betrug die Zeit, während welcher das Organ durch die wirksamen Ströme in den Zustand der Thätigkeit versetzt war etwa 1 Stunde. Erwägt man nun, daß bei dem Fehlen der Zirkulation sich die Umsatzprodukte in dem thätigen Organ anhäufen können, so dürfte man wohl annehmen, daß durch die elektrische Reizung vom lobus aus sich ein für Stoffwechsel-Untersuchungen ausreichend hoher Thätigkeitszustand erzeugen lasse.

Es sollte nun in den beabsichtigten Versuchen das elektrische Organ einer genaueren chemischen Untersuchung zunächst in der nämlichen Richtung unterzogen werden, in welchen die für die Thätigkeit des Muskels sicher gestellten Veränderungen liegen. Vor allem sollte das Augenmerk darauf gelenkt werden, ob auch bei der Thätigkeit des Organs eine Bildung von Säure, Milchsäure und ein Verbrauch von Kohlenhydraten stattfindet. Um aber auch für

den Fall, daß die chemische Umsetzung im elektrischen Organ sich als abweichend von der des Muskels erweisen sollte, Gesichtspunkte für weitere Untersuchung zu gewinnen, sollten einige Methoden angewendet werden, die, wie die Bestimmung des alkoholischen Extraktes, des Stickstoffes sowie Harnstoffes in demselben, ganz allgemein die Richtung des Stoffumsatzes im Organ zu bezeichnen im Stande wären.

Die Ausführung dieser Versuche erforderte die Hilfsmittel eines chemischen Laboratoriums, welche mir an der zoologischen Station nicht zur Verfügung standen, sowie einen Zeitraum, welcher weit über die kurz gemessene Dauer meines Aufenthaltes in Neapel hinausging. Ich mußte daher darauf verzichten, die chemischen Versuche dort anzustellen, und sie der Zeit nach meiner Rückkehr in die Heimat vorbehalten. Dieser Aufschub machte die Wahl eines Mittels notwendig, welches im Stande war, das Untersuchungsmaterial — die ruhenden und gereizten Organe — für längere Zeit in dem natürlichen Zustande, welchen sie am Ende der Reizung gehabt, zu konservieren. Am geeignetsten erschien mir für diesen Zweck der absolute Alkohol. Demgemäß verfuhr ich nach Beendigung der elektrischen Reizung folgendermaßen: Ich schnitt das ruhende und gereizte Organ aus dem Körper des Fisches heraus, enthäutete beide, bestimmte ihr Gewicht, zerlegte sodann ein jedes in einer ein wenig Alkohol enthaltenden Porzellanschale mit dem Messer in kleine Portionen, um die konservierende Flüssigkeit vollkommener einwirken zu lassen, und brachte die Organstückchen samt der geringen Menge Alkohols aus der Porzellanschale, die ich mit wenigem Alkohol nachspülte, in Glasgefäße, welche mit einem die Organmenge um das 4—5fache übertreffenden Volumen Alkohols gefüllt waren. Nach mehrmaligem starken Schütteln der Gefäße zeigte der Alkohol eine Trübung, die sich jedoch bei ruhigem Stehen wieder aufhellte, bis nach 1—2 Tagen der flüssige Inhalt die durchsichtige Beschaffenheit des gewöhnlichen Alkohols wieder angenommen hatte. Die Organsubstanz selbst verlor bald nach dem Einlegen in die Gefäße ihre Transparenz und gallertige Konsistenz, und stellte sich als eine Menge kleiner, fester, milchweiß aussehender Würfelchen dar.

Nachdem ich die Gefäße in meine Heimat übergeführt hatte, zeigte ihr flüssiger Inhalt, welcher bei ihrer Verpackung in Neapel ganz durchsichtig gewesen war, wieder eine sehr starke Trübung, die jedoch durch ruhiges Stehen der Gefäße nach 2—3 Tagen verschwand und daher nur die Folge der mit dem langen Transport verbundenen heftigen Erschütterungen gewesen sein konnte. Das Aussehen der Organsubstanz war unverändert. An den in solcher Weise in ihrem natürlichen Zustand fixierten Organen wurde nun in dem physiologischen Institut zu Breslau der chemische Teil der Versuche unter Leitung von Herrn Dr. Röhmann ausgeführt.

Bei dem an der Neapeler Station vollendeten Teil des Versuches kam mit wenigen Abänderungen das Verfahren zur Anwendung, welches in den oben mitgeteilten Vorversuchen geschildert worden war. Das rechte Organ wurde unmittelbar nach der Herausnahme des Fisches aus dem Bassin durch einen die Nerven trennenden Schnitt ruhig gestellt. Das so aus seinem Konnex mit dem elektrisch zu reizenden lobus gebrachte Organ konnte während der ganzen Dauer des Versuches in situ belassen werden, da die Gefahr des Überganges von Stromschleifen während der elektrischen Reizung auf dieses abgetrennte Organ schon in den Vorversuchen sich als unbegründet erwiesen hatte. Hier hatte ein Teil der entblößten Hand, welche den Elektrodengriff hielt, während der ganzen Dauer der Reizung dem abgetrennten Organ aufgelegen und nicht den leisesten Schlag wahrzunehmen vermocht. Nach der Ruhigstellung des Organs wurde das Gewicht der Torpedo bestimmt. Es folgte die Ausschneidung des Herzens und dieser das Abheben des Schädeldaches zur Freilegung des lobus, dessen linker Lappen sodann bis zur Erschöpfung des Organs derselben Seite gereizt wurde. Darauf wurden die Organe ausgeschnitten und das rechte als „Ruheorgan", das linke als „gereiztes Organ" in den mit Alkohol gefüllten Gefäßen aufbewahrt. Für die elektrische Reizung mußte ich mich in einigen Versuchen an Stelle des schadhaft gewordenen Schlitteninduktoriums, das sich nicht reparieren oder durch ein an-

deres ersetzen ließ, eines aus dem physiologischen Insitut zu Neapel entliehenen magneto-elektrischen Rotationsapparates (Stöhrer) bedienen, der von einer Kurbel aus in Gang gesetzt wurde. Die Stärke der Ströme ließ sich außer durch die Umdrehungsgeschwindigkeit auch noch durch einen eigenen Mechanismus abstufen, welcher die Annäherung des Magneten an die mit den Induktionsspiralen besetzten Eisenkerne gestattete. Das Maß dieser Annäherung gab der Zeiger einer graduierten Scheibe an. Die Drehung der Kurbel erfolgte durch die Hand eines Assistenten möglichst gleichmäßig für jede Geschwindigkeit. Nach dem Gefühl zu urteilen, übertrafen die stärksten Ströme, welche sich durch diesen Apparat erzeugen ließen, an Intensität nicht die höchsten Stromstärken, welche durch das Schlitteninduktorium hervorgerufen werden konnten. Bei der Anwendung sowohl dieses wie jenes Apparates erfolgte die Reizung derart, daß dieselbe zunächst mit schwächsten Strömen versucht wurde. Erwiesen sich diese als erfolglos, so wurden die Reizströme in ganz kleinen Absätzen gesteigert und bei jedem Zuwachs von neuem ihre Wirksamkeit geprüft. War auf solche Weise der erste wirksame Strom erreicht, so geschah die Reizung mit ihm so lange, bis sich Entladungen nicht mehr wahrnehmen ließen. Darauf steigerte ich wieder allmählich die Kraft der Reizströme, bis ich zu dem nächsten Entladung hervorrufenden Strome gelangt war, mit welchem ich das nervöse Zentralorgan wieder bis zum Aufhören der Organschläge erregte. In dieser Art fortschreitend, erprobte ich sämtliche von dem Apparat erzeugbaren Stromstärken und nutzte die wirksamen bis zur Erschöpfung des Organs aus. Die Reizung mit einem als wirksam befundenen Strom geschah nicht kontinuierlich, sondern wurde in der Art unterbrochen, daß die Elektroden an den lobus für 2—4 Sekunden angelegt wurden, worauf eine reizfreie Pause von 4—6 Sekunden folgte. Nur selten blieben die Elektroden längere Zeit an dem nervösen Zentralorgan liegen.

In einigen Versuchen wurden unmittelbar nach der Bloßlegung des lobus auch die Nerven frei präpariert, um

im Laufe des Versuches neben dem lobus gereizt zu werden. Das Verfahren sollte Aufschluß darüber geben, ob die Schlagreaktion bei Reizung von diesen für die nämliche Stromstärke eine andere sei, als bei Reizung von den Nerven. Es konnte sich hierbei natürlich nur um eine ungefähre Schätzung handeln, da der Einfluß, welchen der für Nerv und lobus so verschiedene Querschnitt auf die Reizgröße übt, außer Betracht blieb.

In einem Versuche wurden die Nerven erst frei präpariert, nachdem die Reizung vom lobus aus auch für die stärksten Ströme unwirksam geworden war, und dann von jenen aus mit solchen Strömen das Organ nachträglich zu erregen gesucht.

Dieses letzte Verfahren wählte ich aus dem Grunde, weil möglicherweise einige elektrische Ganglien wegen ihrer tiefen Einbettung in das nervöse Zentralorgan oder ihrer versteckten Lage an dessen Oberfläche bei der Elektrisation des lobus nicht genügend getroffen und darum die von ihnen beherrschten Partieen des elektrischen Organs nicht ausreichend erschöpft waren, wozu bei der Elektrisation der wenig voluminösen und einzeln zu reizenden Nervenstämme, in denen die jenen Partieen entsprechenden Nervenfasern verlaufen mußten, eher Aussicht gegeben war.

Hieraus erhellt auch, daß ein etwaiger Erfolg, den man nach der Erschöpfung der von dem lobus ausgeübten Erregungen mit der nachträglichen Reizung eines oder aller Nerven erzielte, nicht zu der Folgerung berechtigen konnte daß die Reizung von den Nerven wirksamer sei als die von dem lobus.

Zur Feststellung der Entladung benutzte ich wie bisher das Gefühl, indem ich das Organ zwischen die Finger der einen Hand nahm und mit der anderen den Reizstrom applizierte. Das vortreffliche Prüfungsmittel für die Entladung, welches in dem mit seinem Nerv in Verbindung befindlichen Froschschenkel gegeben ist, konnte ich aus dem Grunde nicht verwenden, weil Frösche sehr schwer beschaffbar waren.

Als ich schließlich nach mehrfach resultatlos verlaufenen Wanderungen, welche der Suche dieser Tiere dienten, so glücklich war, durch einen Zufall in den Besitz einiger schwacher Froschexemplare zu kommen, war die für meinen Aufenthalt an der Station bemessene Zeit bereits soweit fortgeschritten, daß ich mich nur noch bei einem Versuche dieses Stromprüfers bedienen konnte. Hierbei machte ich die Beobachtung, daß das Organ, nachdem die stärksten Reizströme, nach dem Gefühl beurteilt, wirksam zu sein aufgehört hatten, nach Aussage des Froschpräparates noch eine Stunde bei Reizung mit jenen Strömen Entladungen von sich gebe, so daß ich auf diese Weise einen weit höheren Thätigkeitszustand als bei den vorangehenden Versuchen in dem gereizten Organ erzeugen konnte.

Um das Verhältnis von applizierten elektrischen Reiz- und Schlagreaktionen genauer beobachten zu können, mußte ich darauf Bedacht nehmen, möglichst die solche Beobachtungen störenden freiwilligen Entladungen des Fisches auszuschließen. Ich begann daher mit der Anlegung der Elektroden nicht eher, als bis ich die Kraft des elektrischen Organs für freiwillige Schläge, zu welchen ich den Fisch durch kontinuierliche mechanische Reizung veranlaßte, hinreichend erschöpft hatte.

Am Schlusse des Versuches, d. h. nach Einlegung der elektrischen Organe in Alkohol, nahm ich eine Sektion des Fischleibes vor, in der Absicht, mich über den Zustand der Verdauungsorgane und bei weiblichen Tieren auch über den Inhalt der Eileiter zu unterrichten, da Gravidität und nach Spallanzani auch die Verdauung von Einfluß auf die Entladungskraft des Organes sind, und möglicherweise ein hinsichtlich seiner Schlagreaktion auffallend befundenes Verhalten eines Organes mit diesen Beziehungen in Zusammenhang gebracht werden konnte.

Als Versuchstiere verwendete ich lediglich solche Torpedos, welche noch nicht allzulange Zeit in den Bassins gelebt hatten und durch lebhafte abwehrende Schläge und Bewegungen bei Berührung ihrer Körperoberfläche eine reiche Lebenskraft offenbarten.

Ich gebe nunmehr die Versuche entsprechend der zeitlichen Reihenfolge, in welcher ihr chemischer Teil zur Ausführung kam, und mit detaillierter Angabe des Protokolls.

Versuch IX. Den 19. Mai 1887, 12 Uhr 10 Min. mittags. Zimmertemperatur 17 ° C. Torpedo oculata, frisch gefangen, lebhaft im Bassin schwimmend, vorsichtig mit dem Netz herausgeholt. Rechtes Organ angeschnitten. Gew. 700 gr. Herz exstirpiert. Linkes Organ schlägt bei kräftigem Anfassen des Schwanzes. Die Schläge kommen in immer größeren Zwischenpausen und werden beständig schwächer.

12 Uhr 40 Min. Kein Schlag mehr. Schädeldecke abgetragen und der freigelegte lobus mit Strömen des Schlitteninductoriums geneigt bei einem Abstand der Rollen von

220. Leise Schläge des Organs, eine Minute lang fühlbar.

150. Starker Schlag. Bei längerdauernder Application der Elektroden an den lobus ist Tetamus des Organs fühlbar. Erst nach 12 Minuten ist die Reizstärke erschöpft.

100. Starke Entladungen. Nach 2 Minuten kein Schlag mehr fühlbar.

90. Starke Schläge. Verschwinden nach 2 Minuten.

85. Starke Schläge. Entladungen nach 3 Minuten nicht mehr wahrnehmbar.

80. Starke Entladungen. Bei tetanisierenden Reizströmen Tetanus des Organs zu fühlen. Reizstärke nach 1 1/2 Minuten erschöpft.

75. Starke Schläge. Entladungen verschwinden erst nach 4 Minuten.

70. Starke Schläge. Der Strom bleibt 2 Minuten wirksam.

65. Starke Schläge. Nach einer Minute nicht mehr fühlbar.

60. Starke Entladungen. Verschwinden nach 1 1/2 Minuten.

50. Starke Schläge. Bei längerem Anlegen der Elektroden Tetanus des Organs. Strom eine Minute wirksam.

45. Keine Entladung.

40. Keine Entladung.
35. " "
30. " "
20. " "
10. " "
0. " "

1 Uhr 20 Min. Reizung abgebrochen. Rechtes Organ ausgeschnitten, enthäutet, sieht durchscheinend aus. Reaktion auf Lakmus alkalisch. Gew. 22,04 gr. Organ wird in kleine Stücke zerschnitten und in Glasgefäß mit Alkohol aufbewahrt. Das Gefäß wird mit RO IX (Ruheorgan des Versuches IX) gezeichnet. Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, durchscheinend, schwach alkalisch; 23,6 gr, in kleine Stücke zerlegt und in Glasgefäß mit Alkohol aufbewahrt. Gefäß mit GO IX (Gereiztes Organ des Versuches IX) gezeichnet. Sektionsbefund: Magendarm leer, Leber hell, Gallenblase gefüllt.

Bei dem späteren Transport der Gefäße zerbricht das eine, welches die Substanz des ruhenden Organes enthält, so daß in Breslau der Versuch nur an dem Inhalt des die Marke GO IX tragenden Gefäßes fortgesetzt werden kann.

Von dem unter Alkohol aufbewahrten Organ (GO IX) wird der Alkohol abgegossen, mit kaltem Alkohol nachgespült; das Organ wird in der Reibschale zerrieben und mit siedendem Alkohol extrahiert.

Das mit Alkohol extrahierte Organ wird auf dem Wasserbade vom Alkohol befreit und in Kalilauge gelöst. Diese Lösung wird mit Salzsäure und Jodkaliumquecksilber gefällt, der Niederschlag filtriert, das Filtrat ist wasserklar und giebt mit Alkohol keine Fällung, enthält also kein Glykogen oder ein diesem ähnliches Kohlenhydrat.

Die Alkoholextrakte werden vereinigt, der Alkohol verdunstet. Der Rückstand erfordert zur Neutralisation 1,3 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge. Nach Zusatz von weiteren 3 ccm $^1/_{10}$ NNaOH wird mit Äther ausgeschüttelt. Nach Verdunsten des Äthers bleiben

0,2044 gr Ätherextrakt.

Der durch Äther entfettete, in Wasser gelöste Alkoholextrakt wird mit Wasser auf 50 ccm verdünnt.

Er giebt folgende Reaktionen:

1. mit Eisenchlorid Trübung und starke Gelbfärbung;
2. mit $CnSO_4$ und NaOH keine Biuretprobe;
3. hält Kupfer bei Gegenwart von NaOH in Lösung;
4. KNO_2 und H_2SO_4 Entwickelung von Stickstoff;
5. mit Mercurinitrat eine Fällung, die anfangs verschwindet (Chlorida), dann bleibt;
6. mit Millons-Reagens ein Niederschlag, der sich beim Erwärmen unter Gasentwickelung schwach gelb färbt;
7. mit $AgNO_3$ Fällung, im Überschuß von Ammoniak leicht und so gut wie vollständig löslich.

Weiterhin wird an dem Extrakt eine Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl ausgeführt.

5 ccm werden mit 10 ccm konzentrierter und 10 ccm rauchender Schwefelsäure circa 5 Stunden digeriert, mit übermangansaurem Kali oxydiert. Die Vorlage enthält 25 ccm $^1/_{10}$ NH_2SO_4. Nach der Destillation mit 100 ccm NaOH (sp. Gewicht 1,0355) zur Neutralisation erforderlich 2,2 ccm $^1/_{10}$ NNaOH. Daraus berechnet 0,6315 % N.

Bunsen'sche Bestimmungen in der Salkowski'schen Modifikation:

a. 5 ccm mit 7,5 ccm alkalischer Chlornatrium-Lösung + 5 gr kryst. $BaCl_2$ in zugeschmolzenem Rohre vier Stunden bei 190—210° C. erhitzt. Röhre unter HCl geöffnet mit Natronlauge destilliert. Destillat in 25 ccm $^1/_{10}$ NH_2SO_4 aufgefangen. Nach der Destillation zur Neutralisation erforderlich 5,7 ccm $^1/_{10}$ NNaOH. Daraus berechnet 0,534 % N.

b. 5 ccm mit 5 gr $ClNH_4$, 5 gr Cl_2Ba und 7,5 gr alkal. $BaCl_2$-Lösung eingeschmolzen.

0,1966 gr $BaSO_4$ — 0,472 % N 1,013 % Harnstoff,

$\frac{0,6315}{0,4726} = 1,34.$ 2,14 % d. fr. Organs.

Im gereizten elektrischen Organe 0,506 gr Harnstoff.

Verhältnis des Gesammtstickstoffs zum Harnstoffstickstoff im Alkoholextrakt = 1,34.

Versuch X. Den 27. Mai 1887, 1 Uhr 45 Min. mittags. 19 % C. Zimmertemperatur. Torpedo oculata. 8 Tage im Bassin. Rechtes Organ angeschnitten. Torpedogewicht 370 gr. Herz ausgeschnitten. Schädeldecke abgetragen und vom lobus mit Strömen des Schlitteninduktoriums das linke Organ gereizt. Dauer der wirksamen Reizung bei Anfangs in großen Sprüngen, später langsam steigenden Strömen ³/₄ Stunde. Rechtes Organ ausgeschnitten, enthäutet, sieht durchscheinend aus, alkalisch, Gewicht 11,26 gr, zerstückt und in Glasgefäß (RO X) mit Alkohol aufbewahrt. Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, durchscheinend, schwach alkalisch, Gewicht 13,44 gr, in Stückchen zerlegt in Glasgefäß (GO X) mit Alkohol aufbewahrt.

Sektionsbefund: Oviduct mit Eiern gefüllt, Magendarm voll, Leber hellgelb, Gallenblase prall.

Fortsetzung des Versuches in Breslau.

Ruhendes Organ (RO X).

Der alkoholische Auszug wird wie im vorigen Versuche gewonnen. In dem mit Alkohol extrahierten Organ ist Glykogen nicht nachweisbar.

Der Alkoholrückstand reagiert neutral oder höchstens minimal sauer; nach Zusatz von 1 ccm $^1/_{10}$ NNaOH schwach, aber unzweifelhaft alkalisch.

Der Ätherextrakt wiegt 0,0906 gr = 0,804 % des frischen Organs.

Der entfaltete Alkoholextrakt wird auf 45 ccm verdünnt, 29 ccm werden eingedampft und über $CaCl_2$ bis zum konstanten Gewicht getrocknet. Rückstand: 0,4974 gr. Daraus berechnet fettfreier Alkoholextrakt des frischen Organs 6,85 %.

Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl: 0,3268 % N,
nach Bunsen-Salkowsky: 0,2294 % N,
0,491 % Harnst.

$$\frac{0{,}3268}{0{,}2294} = 1{,}42$$

im frischen Organ: 0,2458 gr Harnst.
1,96 % Harnst.

Gereiztes Organ (GO X).

Im extrahierten Organ kein Glykogen.

Der Alkoholextrakt mit Wasser aufgenommen reagiert schwach, aber deutlich sauer. Zur Neutralisation sind erforderlich 0,95 ccm $^1/_{10}$ NNaHO; nach Zusatz von 2 ccm reagiert er alkalisch.

Ätherextrakt: 0,1296 gr = 0,964 % des frischen Organs.

Der entfettete Alkoholextrakt mit Wasser auf 54 ccm gebracht; davon eingedampft 39 ccm, Rückstand 0,6676 gr. Daraus berechnet: 6,87 % des frischen Organs.

5 ccm dieses Alkoholextraktes und des entsprechenden von RO X gesondert mit dem gleichen Volumen derselben dünnen Eisenchloridlösung geprüft, geben in beiden Fällen starke Gelbfärbung, aber keinen Unterschied in der Intensität.

Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl: 0,3393 % N,
nach Bunsen-Salkowsky: 0,2307 % N,
0,4948 % Harnst.,

$$\frac{0{,}3393}{0{,}2307} = 1{,}47$$

1,98 % Harnstoff im frischen Organ.

Versuch XI. Den 11. Mai 1887, vormittags 11 Uhr. Zimmertemperatur 18° C. Torpedo marmorata, $1^1/_2$ Tage im Bassin. Rechtes Organ sofort nach der Herausnahme des T. aus dem Bassin angeschnitten. Torpedogewicht 1150 gr. Herz ausgeschnitten. Durch festes Drücken des Schwanzes wird das linke Organ zu Entladungen veranlaßt, die anfangs sehr heftig sind und dicht gedrängt auftreten, später an Kraft abnehmen und seltener werden, bis sie nach 15 Minuten ganz verschwunden sind. Darauf Decke der Schädelkapsel aufgehoben und der freigelegte lobus electricus mit Strömen des magneto-elektrischen Rotationsapparates gereizt, bei mäßig-geschwinder Kurbelumdrehung und einer an der graduierten Scheibe abgelesenen Entfernung des Magneten von den Eisenkernen von

220 (schwächster Strom des Apparates). Kein fühlbarer Schlag. Bei Anlegung der Elektroden an das verlängerte Mark schwache Zuckung der Körpermuskeln.

210. Keine Entladung.

200. " "

190. " "

180. " "

170. Ganz schwache Entladungen. Verschwinden nach einer Minute.

160. Kein Schlag. (Schwächster Strom des Apparates, welcher von der Zungenspitze empfunden wird).

150. Deutliche Entladungen. Werden schnell schwächer und hören nach einer halben Minute auf.

145. Kein Schlag.

140. Deutliche Entladungen. Strom nach einer Minute unwirksam.

130. Kräftige Entladungen. Bei längerer Applikation der Elektroden an den lobus starker Tetanus des Organs. Entladungen verschwinden nach 3 Minuten.

125. Kein Schlag.

120. " "

110. Kräftige Schläge. Werden schwächer und verschwinden nach $1^1/_2$ Minuten.

100. Kräftige Schläge. Strom nach einer halben Minute unwirksam.

95. Kein Schlag.

90. Sehr starke Entladungen. Bei längerdauernder Einwirkung der Reizströme kräftiger Tetanus des Organs. Entladungen verschwinden nach 3 Minuten.

85. Starke Schläge. Strom nach 2 Minuten unwirksam. Die nervi electrici vagi werden frei präparirt.

80. Starke Schläge bei Reizung vom lobus. Die Nerven werden gereizt, wodurch Schläge von scheinbar geringerer Intensität ausgelöst werden. Die Reizung vom lobus bleibt 3 Minuten lang wirksam, ebenso die von den Nerven.

70. Starke Schläge. Entladungen 4 Minuten lang wahrnehmbar.

65. Starke Schläge. Strom nach einer Minute unwirksam. Reizung von den Nerven aus nach dieser Zeit ohne Erfolg.

60. Starke Schläge. Entladungen hören nach 1½ Minuten auf.

50. Starke Schläge. Tetanus-Entladungen nach einer Minute nicht mehr fühlbar.

45. Kein Schlag. Ebenso bei Reizung von den Nerven aus. Die mäßige Geschwindigkeit der Kurbelumdrehung wird zur maximalen gesteigert. Kein Schlag bei Reizung von lobus oder Nerven.

40. Maximale Kurbelumdrehung. Kein Schlag bei Reizung von lobus oder Nerven.

30. Dito.

20. „

10. „

0. „

12 Uhr 30 Min. wird die Reizung abgebrochen. Während des ganzen Versuches hatten auf jede Reizung des lobus, gleichviel ob dieselbe noch für das elektrische Organ wirksam war oder hicht, die Kiemenmuskeln gezuckt. Rechtes Organ ausgeschnitten, enthäutet, sieht durchscheinend aus. Reaktion alkalisch. Gewicht 24,31 gr, in Stückchen zerschnitten und in Glasgefäß (RO XI) mit Alkohol aufbewahrt. Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, durchscheinend, alkalisch, 23,49 gr, zerstückt und in Glasgefäß (GO XI) aufbewahrt.

Sektionsbefund: Oviduct leer, Magendarm gefüllt, Leber hell, Gallenblase mäßig voll.

Fortsetzung des Versuches in Breslau.

Ruhendes Organ (RO XI).

Die Menge des zur Aufbewahrung benutzten Alkohols ist gering im Verhältnis zur Größe des Organs. Der Alkohol filtriert etwas trübe, beim Zufließenlassen der zur weiteren Extraktion benutzten Menge Alkohol wird die Trübung stärker; sie wird abfiltriert.

Das mit Alkohol extrahierte Organ enthält keine Spur Glykogen.

Der Alkohol wird verdunstet, der Rückstand mit siedendem absoluten Alkohol wieder aufgenommen. Ungelöst bleibt eine zähe, spröde Masse, welche in Wasser leicht löslich ist und schwach alkalisch reagiert. Sie erfordert zur Neutralisation 0,4 ccm $^{1}/_{10}$ NH_2SO_4, mit $AgNO_3$ giebt sie einen in Ammoniak löslichen Niederschlag, mit Magnesiamischung Trübung, mit Eisenchlorid Gelbfärbung.

Der Alkoholextrakt erfordert nach Verdunsten des Alkohols zur Neutralisation 1,6 ccm $^{1}/_{10}$ NNaHO; nach Zusatz eines weiteren ccm $^{1}/_{10}$ NNaOH wird mit Äther extrahiert.

Ätherextrakt 0,1556 gr = 0,604 % des frischen Organs. Entfetteter Alkoholextrakt auf 73 ccm aufgefüllt. Davon 43 ccm eingedampft. Rückstand 0,6720 gr. Daraus berechnet Alkoholextrakt des frischen Organs 4,65 %.

Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl: 0,3684 %,

nach Bunsen-Salkowski:

a. aus der Ammoniakbestimmung: 0,3018 %,

b. aus $BaSO_4$: 0,2785

$\frac{0,3684}{0,2785} = 1,32$ 0,5968 % + H,

0,4356 gr Harnstoff des frischen Organs.

1,79 % " " " .

Gereiztes Organ (GO XI).

Im extrahierten Organ keine Glykogen. Aus den vereinigten Alkoholextrakten setzt sich beim 24stündigen Stehen ein nicht ganz unbedeutender Niederschlag ab. Derselbe ist in Wasser leicht löslich, reagiert stark alkalisch und giebt mit Magnesiamischung Fällung (sekundäres phosphorsaures Kalium).

Nach Verdunsten des Alkohols wird der Rückstand wie bei RO XI mit siedendem Alkohol behandelt.

Der Rückstand wird in Wasser gelöst, er reagiert alkalisch. Zur Neutralisation sind 0,45 ccm $^{1}/_{10}$ NH_2SO_4 erforderlich. Die Lösung giebt mit Eisenchlorid eine schwächere Gelbfärbung als bei RO XI.

Der alkoholische Extrakt, in Wasser gelöst, erfordert zur Neutralisation nur 0,5 ccm $^{1}/_{10}$ NaOH.

Ätherextrakt 0,1538 g = 0,654 % d. fr. Org.

Der entfettete Alkoholextrakt wird mit Wasser auf 70 ccm aufgefüllt, davon 43 ccm eingedampft, Rückstand 0,6938 gr = 4,81 % d. fr. Org.

Stickstoff nach Kjeldahl: 0,367 %
nach Bunsen-Salkowski:
a) aus der Ammoniakbestimm. 0,310 %
b) aus $BaSO_4$ 0,2764 %

$\frac{0,3670}{0,2764} = 1,32$ 0,5927 % Harnst.
1,73 % Harnst. des frischen Organs.
0,4078 gr „ „ „

Versuch XII. Den 12. Mai 1887, 11 Uhr 50 Min. vormittags, Zimmertemperatur 18° C. Torp. ocul. 8 Tage im Bassin. Vorsichtig mit dem Netz aus demselben herausgeholt. Rechtes Organ sofort angeschnitten. Gewicht 1050 gr. Herz exstirpiert. Durch beständigen Druck auf den Schwanz wird das linke Organ zu Schlägen veranlaßt, welche nach 12 Minuten verschwinden. Darauf lobus electricus bloßgelegt und die elektrischen Nerven frei präpariert. Gereizt wird mit Strömen des magneto-elektrischen Rotationsapparates bei mittlerer Geschwindigkeit der Kurbelumdrehung und einem Abstand des Magneten von den Eisenkernen von

220. Bei Reizung vom lobus mäßiger Schlag des Organs. Bei Anlegung der Elektroden an die Nerven ist kein Schlag zu fühlen. Die Reizung von dem lobus bleibt 6 Minuten lang wirksam. Durch Erregung des verlängerten Markes mit Induktionsströmen dieser Stärke werden heftige Kontraktionen der Körpermuskeln erzeugt.

Die folgenden Angaben beziehen sich, soweit nichts Besonderes bemerkt ist, nur auf die Reizung vom lobus.

215. Kein Schlag.

210. „ „

200. „ „

180. Mäßig starke Schläge. Tetanus. Strom nach 4 Minuten unwirksam.

160. Kein Schlag.

150. Mäßig starke Schläge. Tetanus. Entladungen hören nach 2 Minuten auf.

130. Kein Schlag.

120. Mäßige Schläge. Strom nach 3 Minut. unwirksam.

90. Deutliche Schläge. Dauer wirksamer Reizung 1 Minute.

80. Deutliche Schläge. Tetanus. Entladungen verschwinden nach 2 Minuten.

70. Kein Schlag.

60. Mittelstarke Schläge. Dauer wirks. Reizung 2 Min.

50. = = = = = 1 =

40. = = = = = 1 =

Nach dem Aufhören der Schläge wird die Umdrehung der Kurbel zur maximalen gesteigert. Es treten wieder mäßig starke Schläge auf, die nach $^{1}/_{2}$ Minute verschwinden.

30. Maximale Kurbelumdrehung. Kein Schlag.

20. = = = =

10. = = = =

0. = = = =

Die Nerven werden mit den zuletzt benutzten stärksten Induktionsströmen gereizt. Von keinem lassen sich Entladungen hervorrufen. Darauf werden die Nerven durchschnitten und die peripheren Enden gereizt, ohne Änderung des Erfolges.

1 Uhr 45 Min. wird die Reizung abgebrochen. Rechtes Organ ausgeschnitten, enthäutet, sieht durchscheinend aus. Reaktion alkalisch, Gewicht 24,61 gr in Stückchen zerschnitten und in Glasgefäß (RO XII) mit Alkohol aufbewahrt. Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, durchscheinend, schwach alkalisch; 25,28 gr zerstückt und in Glasgefäß (GO XII) aufbewahrt. Untersuchung der Eileiter ergiebt Gravidität des Magendarms, Fehlen von Speiseninhalt, Leber hellgelb, Gallenblase mäßig voll.

Fortsetzung des Versuches in Breslau.

Ruhendes Organ (RO XII).

Der Alkohol wird abgegossen, mit Alkohol nachgewaschen, die vereinigten Alkoholauszüge verdunstet. Dann

wird das Organ in einem Kölbchen 3 Stunden auf dem Wasserbade digeriert, das Wasser wird abgegossen, der Rückstand noch 2 mal in Wasser ausgekocht. Die wässrigen Extrakte werden auf dem Wasserbade eingedampft und mit dem Alkoholrückstand vereinigt. Die gesamten Extrakte werden mit Wasser auf 70 ccm aufgefüllt und mit 210 ccm 90 % Alkohol gemischt. Nach einiger Zeit wird von dem entstandenen Niederschlag abfiltriert:

1. Dieser durch Alkohol erzeugte Niederschlag wird mitsamt dem extrahierten Organ in 100 ccm Wasser mit 5 ccm off. HCl $2^1/_2$ Stunde im strömenden Wasserdampf digeriert, mit NaOH alkalisiert und in essigsaurer Lösung zum Syrup eingedampft, mit 90 % Alkohol extrahiert, der Alkohol verdunstet, der Alkoholrückstand wird in Wasser gelöst und mit HCl und Phw vollkommen von Eiweißkörpern befreit. Das salzsaure Filtrat wird mit NaOH neutralisiert. Es dreht weder noch reduziert es.
2. Von dem alkoholischen Filtrat wird der Alkohol abgedunstet, der Rückstand in Wasser gelöst, reagiert sauer. Er erfordert zur Neutralisation 3,5 ccm $^1/_{10}$ NNaOH.

   Nach Zusatz eines weiteren ccm wird mit Aether geschüttelt. Die so entfettete Flüssigkeit reagiert noch alkalisch, sie wird mit verdünnter Schwefelsäure stark angesäuert und sechsmal eine halbe Stunde mit Äther geschüttelt.

Der Äther wird im Kolben abdestilliert, der Ätherrückstand mit Wasser in ein Schälchen gespült, erst auf dem Wasserbade eingedampft, dann über H_2SO_4 getrocknet. Der Rückstand wird mit wasserfreiem Äther aufgenommen, ein Teil bleibt ungelöst, giebt Eisenchloridreaktion.

Der Ätherextrakt giebt auf Zusatz von Wasser eine Ausscheidung von weißlichen Massen, es wird filtriert. Das Filtrat wird mit wenig Bleizucker versetzt, wieder filtriert, das Filtrat mit H_2S entbleit, zur Entfernung der Essigsäure wiederholt auf dem Wasserbade bei niederer Temperatur abgedampft, dann mit $ZnCO_3$ ein Zinksalz hergestellt.

Menge des Zinksalzes 0,0228 gr nur zum Teil krystallinisch.

Die mit Äther ausgeschüttelte Flüssigkeit wird mit $BaCO_3$ von der Schwefelsäure befreit, eingedampft, filtriert, auf 25 ccm aufgefüllt.

Die Flüssigkeit dreht nicht, hält $CuSO_4$ bei Gegenwart von NaOH reichlich in Lösung, die blaue Flüssigkeit wird beim Kochen entfärbt, mit basisch salpetersaurem Wismut keine Schwarzfärbung, mit alkalischer Pblösung nicht schwarz, nach dem Kochen mit Salzsäure starke Weylsche, keine Legalsche Reaktion.

Gereiztes Organ (GO XII).

Verfahren genau wie bei RO XII.

Der in Alkohol unlösliche Teil mit Säure gekocht ergiebt keine Wismutreaktion.

Der Alkoholextrakt erfordert zur Neutralisation 5,4 ccm $^1/_{10}$ NaOH.

Aus dem Ätherextrakt dargestelltes 0,0418 gr Zinksalz nur zum Teil krystallinisch.

Versuch XIII, den 22. Mai 1887, nachm. 4 Uhr.

Zimmertemperatur 17° C. Torpedo oculata 8 Tage im Bassin. Rechtes Organ angeschnitten. Gewicht von Torpedo 340 gr. Herz exstirpiert. Lobus freigelegt und mit Strömen des Schlitteninduktorium gereizt. Nach $1^1/_2$ Stunden ist die Reizung auch für stärkste Ströme unwirksam geworden und wird abgebrochen.

Rechtes Organ ausgeschnitten, enthäutet, sieht durchscheinend aus, Reaktion alkalisch. Gewicht 14,33 gr, in Stückchen zerschnitten und in Glasgefäß (RO XIII) mit Alkohol aufbewahrt.

Linkes Organ ausgeschnitten, enthäutet, durchscheinend, schwach alkalisch, 15,74 gr zerstückt und in Glasgefäß (GO XIII) aufbewahrt.

Sektionsbefund: Ovidukte leer, Magendarm gefüllt, Leber hellgelb, Gallenblase prall. Fortsetzung des Versuches in Breslau.

Ruhendes Organ (RO XIII).

Der Alkohol wird abgegossen, mit Alkohol nachgewaschen, die vereinigten Alkoholextrakte abgedampft. Das mit Alkohol behandelte Organ wird mit Wasser ausgekocht, das Wasser durch Glaswolle abgegossen; das Organ wird im Mörser zerquetscht, mit Wasser ausgekocht und noch einige Stunden auf dem kochenden Wasserbade digeriert.

1. Das extrahierte Organ wird mit etwa 100 ccm Wasser und 5 ccm Salzsäure in strömendem Wasserdampfe digeriert, mit NaOH neutralisiert, in essigs. Lösung eingedampft, mit Alkohol extrahiert, der Alkoholrückstand wird in Wasser aufgenommen, mit bas. essigs. Blei gefällt, mit H_2S entbleit, das Filtrat auf 20 ccm gebracht, dreht nicht. Mit HCl und Pbw geringe Fällung. Das Filtrat reduziert nicht, giebt aber Molischs Reaktion.

2. Der Alkoholextrakt erfordert zur Neutralisation 0,35 ccm $^1/_{10}$ NaNaOH, der Wasserextrakt 0,50 ccm $^1/_{10}$ NH_2SO_4 (ohne Kochen). Alkohol und Wasserextrakt werden vereinigt, es werden noch 2 ccm $^1/_{10}$ NaOH hinzugesetzt, dann mit Äther geschüttelt.

Die ausgeschüttelte Flüssigkeit wird mit verdünnter Schwefelsäure versetzt und zu filtrieren gesucht. Da dies nicht gelingt, wird mit Bleizucker, nicht vollkommen, ausgefällt, im Filtrat H_2S eingeleitet, filtriert, wieder Schwefelsäure hinzugesetzt und 6 mal eine halbe Stunde mit Äther geschüttelt. Die vereinigten Ätherextrakte bleiben einige Zeit lang im Kolben stehen, von den ausgeschiedenen wässrigen Tropfen wird in einem anderen Kolben abgegossen und aus diesem der Äther abdestilliert. Der Rückstand wird mit Wasser in ein Schälchen gespült und zuerst auf dem Wasserbade gelinder Temperatur auf etwa 2 ccm eingedampft. Der Rest verdunstet innerhalb von 2 Tagen über Schwefelsäure. Der Ätherrückstand ist zum Teil anscheinend kristallinisch, er wird in Wasser gelöst und filtriert.

Es wid nun eine filtrierte Barytlösung (etwa $^1/_{10}$ normal) und eine titrierte Lösung von Zinksulfat (etwa $^1/_{20}$ normal)

hergestellt. Mit der Barytlösung wird unter Anwendung von frisch bereitetem Curcumapapier die Agridität bestimmt und unter Zusatz der hieraus berechneten Menge Zinksulfat aus dem Barytsalz das Zinksalz dargestellt. Zur Neutralisation sind erforderlich 0,45 ccm Barytlösung, Menge des kristallinischen Zinksalzes 0,0152 gr.

Gereiztes Organ (GO XIII).

Der Alkoholextrakt erfordert zur Neutralisation 0,6 ccm $^{1}/_{10}$ NaOH; der Wasserextrakt erfordert 1 ccm $^{1}/_{10}$ NH_2SO_4. Der Ätherextrakt ist zum Teil ebenfalls kristallinisch, zum Teil syrupös. Zur Neutralisation sind erforderlich 0,85 ccm Barytlösung, Menge des kristallisierten Zinksalzes 0,0268 gr.

Anmerk.: In beiden Fällen (RO XIII und GO XIII) entsteht nach Zusatz des Barytwassers eine minimale Trübung, welche vor Zusatz des Zinksalzes abfiltriert wird.

Versuch XIV. Den 28. Mai 1887, 12 Uhr 5 Minuten.

Zimmertemperatur 19 ° C. Torpedo oculata, 8 Tage im Bassin. Rechtes Organ angeschnitten. Gewicht des Torpedo 800 gr. Herz exstirpiert. Durch kontinuierlichen Druck auf den Schwanz wird das linke Organ zu Entladungen veranlaßt, welche 12 Uhr 30 Min. durch das Gefühl nicht mehr wahrnehmhar sind, aber durch ein auf das Organ gelegtes Froschpräparat noch bis 12 Uhr 45 Min. erkannt werden können. Darauf wird der lobus frei gelegt und mit Strömen des Schlitteninduktoriums gereizt. Die Reizung beginnt, wie in den früheren Versuchen, mit den schwächsten Strömen und geht allmählich zu stärkeren über. Während der Dauer der Reizung werden die Entladungen nur durch das Gefühl geprüft. Um 1 Uhr 20 Min. ist der stärkste Strom des Apparates erreicht, der keine für die an dem Organ liegende Hand wahrnehmbare Entladungen hervorruft. Es wird nun ein Froschpräparat auf das Organ gelegt. Dasselbe läßt bei Reizung des lobus mit stärksten Strömen deutliche Entladungen des Organs erkennen. Die Reizung wird mit kurzen Unterbrechungen fortgesetzt, wobei die Elektroden für die Dauer von 30 Sekunden angelegt werden, und erweist sich bei immer undeutlicher werdenden Zuckungen des Prä-

parates bis 2 Uhr 40 Min. wirksam, darauf werden die elektrischen Nerven frei präpariert und mit den nämlichen stärksten Strömungen gereizt. Nur bei Erregung der elektrischen Vagusnerven giebt das Froschpräparat Entladungen an, welche immer schwächer werdend, 2 Uhr 50 Min. aufhören. Die Reizung wird nunmehr abgebrochen. Das rechte Organ wird ausgeschnitten, enthäutet, sieht durchscheinend aus, Reaktion alkalisch, Gewicht 25,04 gr, in Stückchen zerschnitten und in Glasgefäß (RO XIV) mit Alkohol aufbewahrt. Das linke Organ ausgeschnitten, enthäutet, durchscheinend, schwach alkalisch, Gewicht 24,88 gr, zerstückelt und in Glasgefäß (GO XIV) mit Alkohol aufbewahrt.

Sektionsbefund: gravida, Magendarm leer, Leber hell, Gallenblase mäßig voll.

Fortsetzung des Versuches in Breslau.

Ruhendes Organ (RO XIV).

Der Alkohol wird abgegossen, mit Alkohol nachgewaschen; 2 mal mit siedendem Wasser extrahiert, dann 2 Stunden auf siedendem Wasserbade digeriert. Das Wasserextrakt wird mit dem Alkoholextrakt zusammen abgedampft.

Die in Wasser gelösten Extrakte reagieren schwach sauer (1). Zur Neutralisation erforderlich 1 ccm $^1/_{10}$ NNaOH.

Der zum dünnen Syrup eingedampfte Extrakt wird mit 90 % Alkohol extrahiert. Die entstandene Fällung in wenigen Tropfen Wasser wieder gelöst, wieder mit Alkohol extrahiert. Der in Alkohol unlösliche Teil reagiert neutral. Der in Alkohol lösliche Teil reagiert nach Abdampfen des Alkohols wieder sauer.

Er erfordert zur Neutralisation 2,2 ccm $^1/_{10}$ NNaOH; nach Zusatz von 2 weiteren Kubikzentimetern NaOH wird mit Äther geschüttelt. Die so entfettete Flüssigkeit wird mit Schwefelsäure angesäuert, filtriert und 6 mal eine halbe Stunde mit Äther geschüttelt, die Ätherflüssigkeit wie bei RO XIII und GO XIII behandelt.

Der Ätherrückstand ist in Wasser zum teil unlöslich; er wird filtriert, mit 0,95 ccm Barytwasser neutralisiert. Bei 24stündigem Stehen im Eisschranke scheidet sich ein

geringer Niederschlag aus. Zinksalz 0,0230 gr sauer, zum teil kristallinisch.

Gereiztes Organ (GO XIV).

Die wässrig alkoholischen Extrakte erfordern zur Neutralisation 1,6 ccm $^1/_{10}$ NNaOH.

Der Alkoholextrakt 3,7 ccm $^1/_{10}$ NNaOH.

Der Ätherextrakt neutralisiert 1,9 ccm Barytwasser, Menge des sehr hübsch kristallinischen Zinksalzes 0,0470.

Die chemische Untersuchung des nicht gereizten und gereizten elektrischen Organes ergiebt, wenn wir die Resultate der mitgeteilten Versuche zusammenfassen wollen, Folgendes:

1. Die Reaktion des elektrischen Organes auf Lakmus ist stets alkalisch.

Es sei hierbei noch einmal auf die Unvollkommenheit einer derartigen Prüfung hingewiesen. Der Umstand, daß das ganze gereizte elektrische Organ alkalisch reagiert, schließt nicht aus, daß nicht doch während der Reizung eine Bildung von Säure stattgefunden hat; die Menge derselben könnte geringer sein, als die Menge des im Organ vorhandenen Alkalis.

Eine Säureproduktion würde sich aber nachweisen lassen, wenn man im stande wäre, die Gesammtalkalimenge im gereizten und ungereizten Organ durch Titrierung mit einander zu vergleichen.

Diese Aufgabe ist keine ganz einfache. Ein Wasserextrakt würde die etwa gebildete Säure als Salz neben den anderen anorganischen Salzen des Organes enthalten, daneben aber auch die Eiweißkörper, deren ursprüngliche Reaktion sich unter dem Einfluß der Extraktion, sei es daß man kalt oder warm extrahiert, in unberechenbarer Weise ändern würde.

Im vorliegenden Falle war an eine Wasserextraktion nicht zu denken, da die Organe zur Konservierung in Alkohol übertragen werden mußten.

Die Prüfung der Reaktion des Alkoholextraktes hat seine Bedenken. Denn durch die Extraktion kann eine Verschiebung der Basen stattfinden. Haben wir z. B. eine wässrige Lösung von Dinatriumphosphat und Milchsäure, so reagiert dieselbe sauer; dampfen wir jetzt ein, und stellen einen absoluten Alkoholextrakt her, so reagiert der Alkoholextrakt, da er nunmehr milchsaures Natrium enthält, neutral. Enthält der Alkohol Wasser, so wird sich in demselben eine entsprechende Menge des Phosphates auflösen.

Ich verfuhr in Fall IX, X, XII, XIII, XIV in folgender Weise. Der Alkohol, in dem die Organe aufbewahrt worden waren, wurde abgegossen, die Organe mit siedendem Alkohol wiederholt extrahiert, die Extrakte wurden vereinigt, der Alkohol verdunstet und in dem mit Wasser aufgenommenen Rückstand, ohne zu filtrieren, so lange $^1/_{10}$ Normalnatronlauge zugesetzt, bis die Flüssigkeit auf empfindliches Lakmuspapier neutral ragierte. Diese Extrakte mußten neben der größten Menge der Salze auch eine etwa bei der Reizung sich bildende Säure enthalten.

Das Verfahren in Versuch XI war, wie aus dem Protokoll zu ersehen, abweichend bei nicht gereiztem, wie bei gereiztem Organ. Die Resultate der Titrierung wurden daher in der angehängten Tabelle nicht berücksichtigt.

Der Grad der Azidität war in allen Fällen nur ein geringer. Die Azidität des gereizten Organes erwies sich in allen Fällen um ein geringes größer, als die des nicht gereizten. Bei der Geringfügigkeit der Differenzen haftet aber diesen Bestimmungen eine gewisse Unsicherheit an. Es wäre möglich, daß die Resultate bessere würden, wenn man anstatt Lakmuspapier andere Indikatoren (Phenolphthaleïn und Lakmoid) verwendete.

2. Es wurde im nicht gereizten und gereizten Organ quantitativ auf Milchsäure untersucht. Das bei alkalischer Reaktion entfettete Alkoholextrakt wurde angesäuert und mit Äther geschüttelt, das schließlich erhaltene Ätherextrakt reagierte beim gereizten

Organ stets saurer als beim nicht gereizten (Titrierung mit Barytwasser). Dementsprechend wurde aus dem gereizten eine größere Menge des Zinksalzes erhalten als aus dem nicht gereizten. Das Zinksalz war, vielleicht mit Ausnahme von GO XIV, nicht rein. Die Mengen waren zu gering, um eine Identifizierung mit Milchsäure zu versuchen.

Bei Wiederholung der Versuche würde es sich empfehlen, gleichzeitig eine größere Anzahl der betreffenden Organe in Arbeit zu nehmen.

3. Die Bestimmung des Gesamtalkoholextraktes in Versuch X, sowie die des absoluten Alkoholextraktes in Versuch XI ergab keinen wesentlichen Unterschied beim gereizten und nicht gereizten Organ.

4. Um einen Aufschluß über das Verhalten der stickstoffhaltigen Extraktivstoffe zu gewinnen, wurde bei einem Teil der Alkoholextrakte der Gesamtstickstoff nach Kjeldahl bestimmt. Gleichzeitig wurde in Versuch IX, X, XI in einer Probe nach der Methode von Bunsen-Salkowski die Menge der Kohlensäure, und in einem anderen Versuche die Menge des Ammoniaks bestimmt, welche sich beim Erhitzen mit alkalischer Chlorbaryumlösung im geschlossenen Rohre bilden. Ein Vergleich der beiden letzteren Bestimmungen untereinander ergab, daß die Hauptmenge des im Alkoholextrakt enthaltenen Stickstoffes als Harnstoff enthalten ist. Die Menge des Gesamtstickstoffes im Mittel aus allen Versuchen verhielt sich zu der des Harnstoffstickstoffes wie 1,37 : 1. Der Harnstoffgehalt des elektrischen Organs betrug 1,92 % des frischen Organs.

Zwischen dem gereizten und nicht gereizten Organ fand sich weder ein Unterschied im Stickstoffgehalt noch im Harnstoffgehalt des Alkoholextraktes.

5. Das elektrische Organ von Torpedo enthält kein Glycogen; eine andere Substanz, welche beim Kochen mit Säuren eine reduzierende Substanz liefert, ließ sich nicht nachweisen.

Die aus dem Mitgeteilten für die Funktion des elektrischen Organs sich ergebenden Folgerungen lassen sich daher derart formulieren:

1. Die Unterschiede, welche das gereizte und nicht gereizte Organ in Bezug auf die chemische Zusammensetzung zeigen, sind äußerst gering: Die Azidität des gereizten Organs ist ein wenig größer als die des ungereizten; das gereizte enthält eine etwas größere Menge einer in Äther löslichen Säure. Die genannten Unterschiede sind aber so geringe, daß eine sichere Entscheidung dieser Fragen weiteren in gleicher Richtung sich bewegenden Untersuchungen vorbehalten bleiben muß.

2. Ein Vergleich des Organs mit dem Muskel führt zu auffallenden Ergebnissen.

   Der Muskel enthält Glykogen, unter Abnahme des Glykogens bildet er bei der Thätigkeit reichliche Mengen von Milchsäure. (Marcuse: Über die Bildung von Milchsäure bei der Thätigkeit des Muskels etc. Pflüger. Arch. f. Ph. Bd. XXXIX.)

   Dagegen erwies sich das elektrische Organ glykogenfrei, enthält auch kein dem Glykogen ähnliches Kohlenhydrat. Die Produktion von Säure im thätigen Organ war so gering, daß etwaige Fehler der Methode schon sehr in Betracht kommen.

Wir vergleichen hierbei freilich nicht die Muskeln des Torpedo, sondern nur Froschmuskeln mit dem elektrischen Organ. Es wäre denkbar, daß die Torpedomuskeln mehr Analogieen zu dem chemischen Verhalten des Organes aufwiesen und darum bei künftigen Untersuchungen auch dieser Seite eine größere Aufmerksamkeit zuwendeten.

Wünschenswert wäre ferner eine genauere chemische Untersuchung des elektrischen Organs bei der Totenstarre und ein Vergleich mit dem thätigen Organ, sowie dem totenstarren Muskel vom Torpedo.

Jedenfalls halte ich die Weiterführung dieser Versuche in den genannten verschiedenen Richtungen für eine dankenswerte Aufgabe.

Zum Schluß sollen auch die nicht chemischen Ergebnisse dieser Arbeit kurz zusammengefaßt werden:

1. Ein unter Strychninwirkung gesetzter Torpedo kann (auch nach dem Ausschneiden eines Organs) mehrere Tage lang am Leben erhalten werden.
2. Injektion minimaler Strychninmengen erhöht und protrahiert den Thätigkeitszustand des Organs.
3. Die Schlagkraft des Organs bleibt nach der (in diesen Versuchen zum erstenmal unternommenen) Unterbindung seiner Stammgefäße noch einige Stunden bestehen.
4. Auf das durch Unterbindung seiner Stammgefäße zirkulationslos gemachte Organ kann das zentral angreifende Strychnin wie sub 3 einwirken.
5. Die Reizung mit Induktionsströmen vom lobus elektricus scheint nicht wirksamer oder weniger wirksam zu sein als die von den elektrischen Nerven.
6. Die Körpermuskulatur des Torpedo ist bei Reizung vom verlängerten Mark schon für Induktionsströme erregbar, welche bei Applikation an den lobus einen elektrischen Schlag noch nicht auszulösen vermögen.
7. Die reflektorischen Muskelkontraktionen eines strychninisierten Torpedo überdauern die reflektorischen elektrischen Schläge. Ebenso erhalten sich bei Reizung des lobus mit Induktionsströmen die Zuckungen der Kiemenmuskeln länger als die Entladungen.
8. Die Schlagkraft des Organs eines Torpedo, dessen Herz ausgeschnitten wurde, bleibt bei Reizung des lobus mit Induktionsströmen nach Aussage des Froschpräparates mehrere Stunden lang bestehen.

Tabelle III.

Versuch	Gewicht des Torpedo	Gewicht der verarbeiteten Organsubstanz		Reaction des frischen Organs		Verbrauch v. $^{1}/_{10}$ % NNaOH zur Neutralisierung des Alkoholextr. in ccm berechnet auf % d. fr. Org.		Zinksalz gewonnen aus dem Ätherextrakt, berechnet auf % d. fr. Org.		Entfetteter Alkoholextrakt, berechnet auf % d. fr. Org.		Harnstoff in % d. fr. Org.		Verhältnis des Gesamtstickstoffs und Harnstoffstickstoffs im Alkoholextr.	
	gr	gr R*)	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R	G
IX	700	22,04	23,06	alk.	alk.	—	5,7	—	—	—	—	—	2,14	—	1,34
X	370	11,26	13,44	"	"	4,5	7,3	—	—	6,85	6,87	1,96	1,98	1,42	1,47
XI	1150	24,31	23,49	"	"	—	—	—	—	4,65	4,81	1,79	1,73	1,32	1,32
XII	1050	24,61	25,28	"	"	3,5	5,4	0,0927	0,1779	—	—	—	—	—	—
XIII	340	14,38	15,74	"	"	2,5	3,9	0,1063	0,1777	—	—	—	—	—	—
XIV	800	25,04	24,88	"	"	8,8	14,8	0,0920	0,1880	—	—	—	—	—	—

*) R bezeichnet das nichtgereizte (ruhende), G das gereizte Organ.

Litteratur.

Leydig, Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwickelung der Rochen und Haie.

Billharz, Das elektrische Organ des Zitterwelses. Leipzig 1857.

Schultze, Zur Kenntnis des elektrischen Organes der Fische. 1. und 2. Hallenser Abhandlungen, 4. und 5. Band.

Claus, Grundzüge der Zoologie. Leipzig 1868.

Boll, Die savischen Bläschen von Torpedo. Müller, Archiv 1875.

Boll, Neue Untersuchungen zur Anatomie und Physiologie von Torpedo. Monatsberichte K. Ak. d. Wiss. Berlin 1875.

Hyrtl, Die Kopfarterien der Haifische. Wien 1872.

Hyrtl, Das arterielle Gefäßsystem der Rochen. 15. Band d. Denkschrift d. Math. Nat. Kl. d. Kais. Ak. d. Wiss. 1858.

Steiner, Über die Immunität der Zitterrochen gegen ihren eigenen Schlag.

Steiner, Über das Gehirn der Knochenfische. Sitzber. Akad. Berlin. 1886, p. 1133—35.

Steiner, Über Centralnervensystem des Haifisches und des Amphiorus lauceolatus, und über die halbzirkelförmigen Kanäle des Haifisches. Sitzber. d. Berl. Akad. 1886, p. 495—499.

Weyl, Beobachtungen über Zusammensetzung und Stoffwechsel des elektrischen Organs von Torpedo. Monatsberichte der Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1881.

Weyl, Die Säulenzahl im elektrischen Organ von Torpedo ocellata. Zentralblatt med. Wiss. 1882.

Weyl, Physiologische und chemische Studien am Torpedo (Fortsetzung). Zeitschrift für physiol. Chemie Hoppe-Seyler. 1883.

Weyl, Physiologische und chemische Studien am Torpedo IX. Einiges über den Stoffwechsel des elektrischen Organs (Fortsetzung). Archiv für Anatomie und Physiologie. 1884.

Hyrtl, Das arterielle Gefäßsystem der Rochen. 15. Band d. Denkschr. d. Math. nat. Kl. d. K. Akad. d. Wiss. Wien 1858.

Gotch, Proceedings of the Royal society vol. XLII N. 256, p. 357.

Du Bois-Reymond, Lebende Zitterrochen in Berlin, 16. Juli 1885. Sitzb. d. K. Pr. Akad. d. Wiss.

Du Bois-Reymond, Bemerkungen über einige neuere Versuche am Torpedo. 3. Mai 1888. Sitzber. d. K. Pr. Akad. d. Wiss.

Fritsch, Die elektrischen Fische; nach neueren Untersuchungen anatomisch-zoologisch dargestellt. Leipzig 1887.

Lebenslauf.

Der Verfasser, Sohn des in Breslau lebenden Kaufmanns D. Marcuse, wurde am 11. Dezember 1859 zu Breslau geboren. Er besuchte das Elisabet- und Mathiasgymnasium seiner Heimat und bestand auf dem letzteren das Abiturientenexamen. Seinen Studien lag er in Breslau ob, wo er 1885 das Tentamen physicum, 1888 das Staatsexamen und 1891 das Tentamen rigorosum absolvierte.

Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen, Kliniken und Curse folgender Herren Professoren und Dozenten:

Biermer, Born, F. Cohn, H. Cohn, B. Erdmann, Filehne, Fischer, Flügge, Förster, Fränkel, Freudenthal, Fritsch, Gierke (†), Gottstein, Hasse, Heidenhain, Hirt, O. E. Meyer, Neisser, Partsch, Ponfick, Rosenbach, Röhmann, Soltmann, Wernicke, Wiener.

Allen diesen Herren fühlt sich der Verfasser zu wärmstem Danke verpflichtet.

Thesen.

1. Der Chemismus des elektrischen Organs scheint dem bei dem Muskel beobachteten nicht zu entsprechen.

2. Der prinzipielle Wert des Koch'schen Verfahrens bleibt durch die bisherigen mannigfachen therapeutischen Miserfolge unberührt.

3. Die physikalische Methode kann bei der Behandlung der Chlorose neben der medikamentösen, diätetischen und klimatischen verwendet werden.

